
1
2
3
4
6
7
8


106 467 467



Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas

In ihren gesamten Lebenserscheinungen, mit einer allgemeinen ökologischen Einführung.

Unterabteilung I, pp. 1–343.
(Bd. I, Abt. 1 der Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas.)
Bd. 1, abt. 1, Unterabteilung II. Angiospermae pp. 345–736

Unter Mitwirkung von Dr. M. RIKLI, Privatdozent am eidgen. Polytechnikum Zürich

herausgegeben von

DR. O. KIRCHNER
Professor der Botanik an der Kgl. landw. Hochschule Hohenheim

DR. E. LOEW
Professor am Kgl. Kaiser Wilhelm-Realgymnasium Berlin

DR. C. SCHRÖTER
Professor der Botanik am eidgen. Polytechnikum Zürich.

Mit 186 Abbildungen.



STUTTGART 1906.
Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer.
Verlag für Landwirtschaft und Naturwissenschaft.

K. Hofbuchdruckerei Ungeheuer & Ulmer, Ludwigsburg.

Inhaltsverzeichnis.

Register der Pflanzennamen.

Einleitung.

Die Lebensgeschichte aller Pflanzenarten zu erforschen und zu erkennen, das müsse, so sollte man meinen, das eigentliche Ziel der Botanik von je her gewesen sein und für immer bleiben; aber die Geschichte der Botanik belehrt uns eines anderen. Sie zeigt uns, dass in verschiedenen Abschnitten der Entwickelung dieser Wissenschaft bald die rein beschreibende Kenntnis der pflanzlichen Gestalten, Organe und Gewebe, bald die Ergründung der allgemeinen Lebenserscheinungen und Lebensbedingungen des pflanzlichen Organismus die Forscher vorzugsweise oder ausschliesslich in ihren Bann zog, während andererseits auch wieder die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenarten im Mittelpunkte des Interesses stand; selten nur begegnet uns ein mehr oder minder glücklicher Versuch, das Lebensbild einer bestimmten Pflanzenart in allen Einzelzügen festzustellen, und derartige Versuche beziehen sich, wenigstens was die höheren Pflanzen betrifft, in der Regel nur auf unsere wichtigsten land- und forstwirtschaftlichen Kulturpflanzen und entspringen praktischen Rücksichten.

Die Geschichte der Botanik macht es aber auch verständlich, dass man sich an die Lösung der Aufgabe, das Leben der einzelnen Pflanzenarten zu schildern, erst dann wagen konnte, als die verschiedenen Disziplinen der Botanik eine gewisse Abrundung erfahren und jene allgemeinen Gesichtspunkte festgestellt hatten, von denen aus sich gewissermassen die besondere Anwendung auf den Einzelfall machen liess. Erst in unserer Zeit scheint die Auffassung des pflanzlichen Organismus und seiner Lebenserscheinungen sich der angedeuteten Spezialforschung günstiger zu erweisen; wenigstens ist der lebhafte Aufschwung nicht zu verkennen, den die ökologische (sog. biologische) Betrachtungsweise pflanzlicher Verhältnisse in den letzten Jahrzehnten genommen hat. Diese Tatsache hinwiederum, sowie die ausserordentliche Anregung, welche die ökologische Forschungsrichtung in die verschiedensten Zweige der Botanik getragen hat, rechtfertigen das Verlangen, zunächst wenigstens für unsere einheimische Phanerogamenflora eine eingehende Darstellung unseres Wissens von den besonderen Lebenserscheinungen der einzelnen Arten zu besitzen. Eine solche zu geben, so weit es der heutige Stand unserer Kenntnisse und eine die einheimischen mit den ausländischen Pflanzenformen aufmerksam vergleichende Beobachtungsmethode erlaubt, das ist die Aufgabe, welche die Verfasser in der vorliegenden Bearbeitung nach vieljährigen Vorbereitungen zu lösen versuchen.

Wohl möchte dieses Beginnen vielen als verfrüht erscheinen, und gewiss kann niemand in höherem Grade als die Verfasser selbst von der Überzeugung durchdrungen sein, dass eine Schilderung der Lebensgeschichte unserer höheren Pflanzen jetzt noch sehr viele und sehr grosse Lücken aufweisen muss, deren Ausfüllung der Zukunft vorbehalten bleibt. Aber da eine Lösung der zahllosen hier noch vorliegenden Aufgaben von einer nahen Zukunft nicht erwartet werden kann, so wird es weder unzeitgemäss noch überflüssig sein, jetzt schon aus der fast unübersehbaren Literatur dasjenige zu sammeln und nach Möglichkeit durch eigene Beobachtungen zu vervollständigen, was eine sichere Grundlage für weitere

Forschungen abgeben, solche durch Hinweise auf die noch zu leistende Arbeit anregen und erleichtern kann. Dazu kommt, dass nach unserer Ansicht die täglich sich mehrenden, häufig beziehungs- und zusammhangslosen Einzelbeobachtungen über die ökologischen Verhältnisse der Pflanzen unserer Flora, ja selbst zusammenfassende Schilderungen, die sich aber nur auf einzelne Lebensgewohnheiten oder Lebensabschnitte beziehen, nur dann richtig verstanden und beurteilt werden können, wenn sie unter Berücksichtigung der gesamten Lebensgeschichte der Art betrachtet werden. Abgesehen von den für unsere Zwecke sehr inhaltreichen Büchern über das forstliche Verhalten der Holzarten und über die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen liegen bis jetzt in der botanischen Literatur nur zwei Werke vor, welche ähnliche Ziele verfolgen, wie wir sie uns gesteckt haben, nämlich J. P. Vaucher's unserer modernen Betrachtungsweise wenig zusagende, an richtigen Beobachtungen aber überaus reiche „Histoire physiologique des plantes d'Europe" und „De Danske Blomsterplanters Naturhistorie" von C. Raunkiär, wovon der erste, die Monokotyledonen enthaltende Band erschienen ist. Auch das umfangreiche, aber veraltete Werk von H. Lecoq, „Études sur la géographie botanique de l'Europe", behandelt, wenn auch in ihm pflanzengeographische Untersuchungen die Hauptrolle spielen, vielfach Fragen aus dem Gebiete der Ökologie der Pflanzen.

Unter „Lebensgeschichte" der Pflanzen verstehen wir im wesentlichen dasselbe, was man längere Zeit hindurch mit dem Worte „Biologie" in dem von F. Delpino ursprünglich angewandten und auch jetzt noch beibehaltenen Sinne bezeichnet hat, wofür aber wegen der Vieldeutigkeit jenes Wortes sich der von E. Haeckel vorgeschlagene Ausdruck „Ökologie"[1]) bereits ziemlich allgemein eingebürgert hat: nämlich die Schilderung der besonderen Lebenserscheinungen und Lebensgewohnheiten der Pflanzenarten, oder der Art und Weise, wie die einzelnen Arten dazu ausgerüstet sind, unter den gegebenen äusseren Verhältnissen ihre Lebensbedürfnisse zu befriedigen, ihren eigenen Fortbestand und die Hervorbringung einer Nachkommenschaft sich zu sichern. Es ist bekannt, dass nicht nur der Begriff „Biologie" in sehr verschiedenem Umfange gebraucht, sondern auch „Ökologie" verschiedenartig definiert wird[2]) und ihre Abgrenzung gegen verwandte botanische Disziplinen, besonders gegen die Pflanzenphysiologie, einige Schwierigkeiten bietet. Wir weisen der Physiologie das Studium der allgemeinen pflanzlichen Lebenserscheinungen und mit Pfeffer[3]) die Aufgabe zu, „sie auf die näheren und ferneren Ursachen zurückzuführen und in ihrer Bedeutung für den Organismus kennen zu lernen." Der von Wiesner[4]) neuerdings aufgestellten Unterscheidung von Physiologie und Biologie, wonach der ersteren die einer mechanischen Erklärung zugänglichen Lebenserscheinungen zufielen, die übrigen unerklärbaren aber der letzteren, vermögen wir uns nicht anzuschliessen, weil einerseits nach dem jetzigen Stande unseres Wissens alle Lebenserscheinungen einer rein mechanischen Erklärung Widerstand entgegenstellen, es aber auf der andern Seite durchaus nicht zu übersehen ist, welche Komplexe von Lebenserscheinungen einer solchen Erklärung sich etwa dauernd entziehen werden. In der Beschränkung der „Biologie" auf Lebensweise, Erblichkeit, Veränderlichkeit, Anpassung und natürliche

[1]) D. h. die Lehre vom „Haushalt" der Pflanzen; der ebenfalls von E. Haeckel an derselben Stelle (Generelle Morphologie, 1866, Bd. 1, S. 8) in Vorschlag gebrachte Ausdruck „Bionomie" (= Lehre von der Lebensweise) hat sich nicht eingeführt.

[2]) Vgl. F. Delpino, Pensieri sulla biologia vegetale etc. (Nuovo Cimento Vol. XXV. Pisa 1867). — F. Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. 1895. S. 2. — J. Wiesner, Biologie der Pflanzen. 3. Aufl. 1902. S. 1—4. — W. Migula, Pflanzenbiologie. 1900 S. 5.

[3]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Bd. I. 2. Aufl. 1897. S. 7.

[4]) J. Wiesner, a. a. O.

Verbreitung der organischen Wesen deckt sich trotzdem unsere Auffassung mit derjenigen Wiesners. Goebel[1]) sagt: „In Deutschland versteht man unter „biologischen“ Untersuchungen im allgemeinen solche, welche nachzuweisen suchen, in welcher Beziehung der innere und äussere Bau der Pflanzen zu den Lebensverhältnissen stehen. Sie begnügen sich aber nicht mit dem Nachweis der Nützlichkeit, sondern suchen auch das Werden derAnpassungen zu ergründen;“ — und weiter unten: „Die Ökologie (= Biologie) sucht zu zeigen, welche Beziehung jedes einzelne Strukturverhältnis zu den Lebensvorgängen der betreffenden Pflanze hat, wie Form und Funktion sich gegenseitig bedingen.“ Diese Fassung des Begriffs „Ökologie“ erscheint uns etwas zu eng; sie beschränkt sich auf die morphologischen, in der innern oder äussern Struktur nachweisbaren Anpassungen; wir sind der Ansicht, dass auch Lebensvorgänge, die sich nicht in der Struktur ausprägen, einer Anpassung fähig sind, z. B. die Lebensdauer, die Vegetationsdauer, die phänologischen Erscheinungen. Die Abgrenzung gegen die Physiologie ergibt sich auch hier aus dem oben Gesagten: Die Physiologie beschäftigt sich mit den allgemeinen Gesetzen der Abhängigkeit des Lebens von den äussern Bedingungen, die Ökologie mit der besondern Art und Weise, wie jede einzelne Art sich einrichtet. Manche Forscher definieren Biologie (bezw. Ökologie) einfach als die Lehre von den Anpassungserscheinungen überhaupt, wobei der Begriff der „Anpassung“ von Pfeffer (a. a. O.) folgendermassen gefasst wird: es ist eine Eigenschaft, die als zweckmässige Folge anorganischer oder organischer äusserer Einflüsse auftritt, deren Zweck wir verstehen, ohne die Kausalität ihres Werdens und Wirkens völlig zu durchschauen.[2]) Goebel vertritt auch hier wieder die engere Auffassung, die nur morphologische Anpassungen kennt, wenn er sagt (a. a. O. S. 3): „Organisationsverhältnisse, welche in deutlicher Beziehung zu den Lebensbedingungen stehen, pflegen wir als „Anpassungen“ zu bezeichnen“. Am weitesten fasst Reinke[3]) den Begriff: „ . . . . werde ich schwerlich zu weit gehen, wenn ich jede Reizreaktion, deren Reizwirkung für den Organismus zweckmässig oder vorteilhaft ist, somit jede Selbstregulierung, als Anpassung bezeichne“. Dementsprechend definiert Reinke (a. a. O. S. 114) die „Anpassungsfähigkeit“ als „die Fähigkeit, auf äussere Verhältnisse in einer für den Organismus vorteilhaften Weise zu reagieren“. Haberlandt[4]) unterscheidet mit Recht zwischen physiologischer und biologischer Anpassung und definiert sie folgendermassen: Die physiologischen Anpassungen bestehen darin, dass die betreffende morphologische Einrichtung der physiologischen Funktion angepasst ist, welche sie im Lebensgetriebe, im innern Haushalt der Pflanzen zu vollziehen hat; die biologischen (nach neuerer Bezeichnungsweise also ökologischen) Anpassungen dagegen hängen mit den mannigfachen Bedürfnissen zusammen, welche sich für die ganze Pflanze aus gewissen Beziehungen zur Aussenwelt, zu Klima, Standort, Tierwelt und zu andern Pflanzen ergeben.

Wir halten es für zweckmässig, die spezielle Ökologie der Pflanzenarten von einer allgemeinen pflanzlichen Ökologie zu trennen, und betrachten es als Aufgabe der speziellen Ökologie, welche hier für das begrenzte Gebiet der Blütenpflanzen der mitteleuropäischen Flora behandelt werden soll,

---

[1]) K. Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen. I. 1889. S. 2.

[2]) Der Zusatz „ohne die Kausalität etc.“ ist unseres Erachtens überflüssig, denn er macht, wie die obige Definition Wiesners, den Begriff der Anpassung abhängig vom Stande unseres Wissens. Sobald wir also die „Kausalität des Werdens“ einer Eigenschaft erkannt haben, könnte sie darnach nicht mehr zu den Anpassungen gerechnet werden.

[3]) J. Reinke, Einleitung in die theoretische Biologie. 1901. S. 107.

[4]) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. 1896. S. 7. Anm. 8.

die Anwendung der physiologischen Lehren und Gesetze auf die einzelnen Pflanzenarten zu machen und zu zeigen, durch welcherlei Ausrüstungen oder Anpassungen die Arten in den Stand gesetzt sind, unter bestimmten, ihnen vorgezeichneten äusseren Bedingungen diejenigen Lebensverrichtungen auszuführen, deren Vollzug die Physiologie als für die Existenz des pflanzlichen Organismus notwendig erwiesen hat. Der allgemeinen Ökologie würde dagegen nicht nur die Aufgabe zufallen, die ökologischen Einzelbeobachtungen in Gruppen zusammenzufassen, mit einander zu vergleichen und nach gewissen allgemeinen Gesichtspunkten zu ordnen, sondern sie würde auch daraus die Schlüsse zu ziehen haben, welche sich als die Lehre von der Vererbung und Variabilität darstellen und in der Deszendenztheorie gipfeln. Es leuchtet ohne weiteres ein, wie enge Beziehungen der Ökologie sich auch zur Morphologie und zur systematischen Botanik hieraus ergeben müssen; daraus, wie aus der nahen Berührung der speziellen Ökologie mit manchen anderen Zweigen der Botanik folgt, dass die hier gegebene Abgrenzung sich vielleicht nicht immer mit peinlicher Genauigkeit wird inne halten lassen. Welche pflanzlichen Lebenserscheinungen wir hier als Lebensgeschichte der Blütenpflanzen zur Darstellung bringen wollen, das wird sich am einfachsten aus der auf S. 6 bis 23 folgenden Übersicht derjenigen Gesichtspunkte ergeben, nach welchen die Beziehungen, Ausrüstungen und Anpassungen der einzelnen Pflanzenarten in dem vorliegenden Werke behandelt werden sollen.

Aus dieser Übersicht ergibt sich, dass wir einige Kapitel von unserer Darstellung ausschliessen, deren Berücksichtigung man vielleicht erwarten könnte, so z. B. die Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane, die Lehre von den Krankheiten und Feinden der Pflanzen, von den Gallenbildungen und Monstrositäten, sowie auch die Lehre von der Variabilität und Bastardierung. Es waren lediglich praktische Erwägungen, welche uns zu dem Entschluss führten, von der Hereinziehung dieser Fragen in unsere Bearbeitung Abstand zu nehmen: werden sie doch in zahlreichen vortrefflichen Spezialwerken behandelt, wogegen eine Neubearbeitung an dieser Stelle, wenn sie auch wohl manche neue Gesichtspunkte dargeboten und in ihrer Beziehung zur gesamten Ökologie der Arten ein erhöhtes Interesse gewonnen hätte, doch zu einer bedenklichen Ausdehnung des an sich schon sehr weitschichtigen, von uns zu bearbeitenden Beobachtungsmateriales hätte führen müssen. Auch nach einer andern Seite hin sind wir genötigt, uns eine Beschränkung aufzulegen, nämlich hinsichtlich der Berücksichtigung des anatomischen Baues der Pflanzenorgane; auf diesen wird nur dann eingegangen werden, wenn es zum Verständnis der zur Darstellung kommenden Ausrüstungen notwendig erscheint.

Was die Abgrenzung des von uns behandelten Gebietes betrifft, so fassen wir den Begriff Mitteleuropa in einem weniger weiten Sinne auf, als es Ascherson und Graebner tun, und verstehen unter den Blütenpflanzen Mitteleuropas diejenigen, welche in den Floren des Deutschen Reiches (nach Garcke, Illustrierte Flora von Deutschland, 19. Aufl. 1903), Österreichs (nach Fritsch, Exkursionsflora für Österreich, 1897) und der Schweiz (nach Schinz und Keller, Flora der Schweiz, 1900) einheimisch oder eingebürgert sind oder allgemein angebaut werden; vorübergehend eingeschleppte Arten, die eben durch ihr baldiges Wiederverschwinden den Beweis liefern, das sie den Existenzbedingungen unseres Gebietes nicht ausreichend angepasst sind, werden nicht berücksichtigt. In der Auffassung des Artbegriffes schliessen wir uns zunächst an die Synopsis der mitteleuropäischen Flora von Ascherson und Graebner (1896—1903), soweit sie erschienen ist, an, indem wir die in diesem bahnbrechenden Werke mit fortlaufenden Nummern versehenen Formenkreise als „Arten" in den Vordergrund unserer Betrachtung stellen und von den etwa unterschiedenen Unterarten, Rassen etc. nur solche ökologische Eigentümlichkeiten anführen, welche von denen der Art abweichen. Für die bei

Ascherson und Graebner noch nicht erschienenen Familien legen wir die Artbegrenzung von Richter und Gürcke in den „Plantae Europaeae“ (1890—1899), und sofern sie auch in diesem Werke noch nicht enthalten sind, Nymans Conspectus Florae Europaeae (1878—1890) zu Grunde. In der Umgrenzung und Anordnung der Familien sind wir den „Natürlichen Pflanzenfamilien“ von Engler und Prantl gefolgt.

Die ganze Bearbeitung haben die drei Verfasser in solcher Weise unter sich verteilt, dass in der Regel die Darstellung der Gesamtökologie und die Ökologie der Vegetationsorgane von C. Schröter, die Ökologie der Samen und Früchte von O. Kirchner übernommen wurde, während hinsichtlich der Ökologie der Blüten E. Loew und O. Kirchner sich in den ganzen Stoff nach einzelnen Familien geteilt haben. Bei jeder Familie werden die Bearbeiter angeführt, neue, bisher noch nicht veröffentlichte Beobachtungen werden durch die hinter dem betreffenden Abschnitt eingefügte Bezeichnung des Beobachters: (K.), (L.), (Sch.) kenntlich gemacht.

Grossen Wert haben wir auf die Beigabe instruktiver Abbildungen gelegt und uns bestrebt, möglichst viele Originalzeichnungen zu bieten; die übrigen sind durch Angabe der Quelle ersichtlich gemacht.

Es ist in Aussicht genommen, am Ende des ganzen Werkes eine zusammenfassende Darstellung der Ökologie der mitteleuropäischen Blütenpflanzen zu geben, welche sich an die S. 6 enthaltene Übersicht anschliessen wird; solchen Benützern des Werkes, welche mit der modernen ökologischen Terminologie nicht genügend vertraut sind, empfehlen wir, bis jener allgemeine Abschnitt erscheinen kann, einstweilen die S. 33 folgende alphabetische Zusammenstellung ökologischer Ausdrücke mit ihrer Erklärung zu schneller vorläufiger Belehrung.

Hohenheim, Berlin, Zürich.

Die Verfasser.

Übersicht
über die ökologischen Erscheinungen bei den mitteleuropäischen Blütenpflanzen.

1. Abschnitt. Allgemeines über Anpassung.

A. Die Formen der Anpassung.

I. Nach der Entstehung.

1. Direkte Anpassung (Darwin, Haeckel, Goebel) = Selbstanpassung (Wolf) = Anpassung durch direkte Bewirkung (Nägeli), ist eine Regelung der Strukturverhältnisse als direkte Folge äusserer Einwirkungen. Sie entspricht der „Mechanomorphose" von Sachs im weitesten ursprünglichen Sinne, den „Gestaltungen durch formative (oder morphogene)[1] Reize" (Herbst), den „selbstregulatorischen, formativen Reaktionen" (Pfeffer), der zweckmässigen Selbstregulierung des Lebensprozesses" (p. p.) Reinkes. — Beispiel: Die Bildung einer dickern Cuticula infolge von Kultur in trockener Luft.
2. Indirekte Anpassung oder gezüchtete Anpassung (Spencer, Goebel): Das sind Eigenschaften, welche entstanden sind:
   α) als spontane Abänderungen (z. B. in der Blütenfarbe),
   β) als Folgen anderer Erscheinungen (z. B. Schwimmfähigkeit der Samen als Begleiterscheinung der anemochoren Verbreitungsausrüstung),

   und welche sich als nützlich erwiesen und durch Selektion fixiert wurden (Gerbstoff als Schutzmittel gegen Tierfrass).

II. Nach der Natur ihres Effektes.

1. Quantitative Anpassung = funktionelle Anpassung, trophische Anpassung (Roux), besteht in der Förderung oder Reduktion eines Organes durch Gebrauch oder Nichtgebrauch desselben.
2. Qualitative Anpassung besteht in der Entstehung neuer Organe oder in einem Funktionswechsel schon vorhandener.

III. Nach der Herkunft der bewirkenden Faktoren.

1. Physiologische Anpassung (Haberlandt) = innere Anpassung, gegenseitige Anpassung der Gewebe[2]) (Wiesner): „die als Anpassung entstandene Einrichtung ist der physiologischen Funktion angepasst, welche sie im Lebens-

---

[1]) Es erscheint uns unzweckmässig, neben dem Ausdruck „morphogener Reiz" noch von „morphogener Herkunft der Organe" (d. h. ihrer phylogenetischen Entstehung) zu sprechen, und von „Morphogenie" als der Geschichte der Organe (Potonié, Ein Blick in die Geschichte der botanischen Morphologie und die Pericaulom-Theorie, 1903, S. 6).

[2]) Wir würden hinzufügen: und Organe.

getriebe, im innern Haushalt der Pflanzen zu vollziehen hat", z. B. die Ausbildung des Assimilationssystems nach dem Prinzip der Stoffableitung und der Oberflächenvergrösserung.

Hierher gehört das ganze weite Gebiet der Korrelationserscheinungen. Korrelation, d. h. Einwirkung der Organe eines Individuums auf ein anderes, ist nichts anderes als gegenseitige Anpassung. Man unterscheidet:

α) Quantitative Korrelation (Goebel) = Kompensation des Wachstums (Roux): Vergrösserung oder Verkleinerung, Förderung oder Hemmung eines Organes durch ein anderes.

β) Qualitative Korrelation (Goebel): Veränderung eines Organes durch ein anderes in Lage, Gestalt oder Funktion.

2. Ökologische Anpassung (Haberlandt) = äussere Anpassung (Wiesner): „hängt mit den mannigfachen Bedürfnissen zusammen, welche sich für die ganze Pflanze aus gewissen Beziehungen zur Aussenwelt, zu Klima, Standort, Tierwelt und zu andern Pflanzen, ergeben."

IV. Nach der Natur der bewirkenden Faktoren (Sachs, Herbst).

Die durch äussere Faktoren erzeugten Organisationsverhältnisse (allgemein als „Xenomorphosen" (Sachs) oder „Aitiomorphosen" (Pfeffer 1901) [„Heteromorphosen" Pfeffer 1881] bezeichnet) werden nach dem als morphogener Reiz wirkenden Faktor benannt (Sachs, Herbst).

Das Licht erzeugt: Photomorphosen.
Die Schwerkraft bewirkt: Barymorphosen.
Kontaktwirkungen erzeugen: Thigmomorphosen.
Druck und Zug erzeugen: Mechanomorphosen (im engern Sinn).
Chemische Reize erzeugen: Chemomorphosen.
Trockenheitsgefahr erzeugt: Xeromorphosen.
Wasserleben erzeugt: Hydromorphosen.
Der Reiz des Pollenschlauchs erzeugt: Andromorphosen (Sch.!).
Der Reiz des wachsenden Befruchtungsproduktes: Gamomorphosen (Sch.!).

V. Nach ihrem Zweck.

1. Konverse Anpassungen oder Nutzmittel; Organisationsverhältnisse, die zur Ausnützung eines Faktors dienen; z. B. starke Oberflächenentwicklung der Wasserblätter.
2. Adverse Anpassungen oder Schutzmittel: z. B. Stacheln gegen Tierfrass.
3. Biversale Anpassungen: in beiden Richtungen wirksam; z. B. manche Filzüberzüge auf Blättern, welche zum Aufsaugen von Wasser und als Schutzmittel gegen zu hohe Transpiration dienen.

NB. Die Begriffe „aktive" und „passive" Anpassung werden sehr verschieden gebraucht. Viele setzen aktive Anpassung gleichbedeutend mit direkter Anpassung, passive mit indirekter; Roux bezeichnet als aktive Anpassung die Organisationssteigerung durch Gebrauch, als passive die Reduktion durch Nichtgebrauch (Degeneration und Rudimentation); Reinke bezeichnet als passive Anpassung, als „Angepasstsein", einen Zustand, der für das Leben des Organismus zweckmässig und notwendig ist, also alle zweckmässigen, erblich fixierten Organisationsverhältnisse, als aktive Anpassung dagegen die im Leben des Individuums eintretenden zweckmässigen Reaktionen auf äussere Faktoren. Eine passive Anpassung an die CO_2-Assimilation ist z. B. das Chlorophyllkorn; aktive Anpassungen an die Lichtstärke sind die Bewegungen der Körner, um die zweckmässigste Lage zu erreichen.

B. Versuch einer Gruppierung der Eigenschaften der Pflanzen.

I. Grundeigenschaften (Fundamental- oder Lebenseigenschaften), welche allem pflanzlichen Protoplasma zukommen:

Ernährung durch Assimilation (im weitern Sinn), Atmung, Wachstum, Individualität, Fortpflanzung, Reizbarkeit, Variabilität, Vererbung.

II. Sekundäre Eigenschaften, welche die Unterschiede unter den Pflanzen bedingen.

1. Erbliche Eigenschaften.

a) Rein morphologische Eigenschaften. Organisationsmerkmale (Nägeli), rein systematische Merkmale (Goebel): Merkmale ohne nachweisbare Nützlichkeit, von grosser Bedeutung für die Erkennung der natürlichen Verwandtschaft; z. B. Stellung des Ringes am Farnsporangium nach Goebel. Verschiedenheiten der Zahl der Kotyledonen.[1])

b) Anpassungsmerkmale: durch Einwirkung äusserer Faktoren oder korrelativer Einflüsse als zweckmässige Reaktionen entstanden oder als zweckmässige Eigenschaften gezüchtet. Sie sind zu gruppieren (s. oben) in:

Direkte und indirekte Anpassung,
qualitative und quantitative,
physiologische und ökologische (oder innere und äussere),
konverse, adverse und biversale.

c) Unzweckmässige Eigenschaften:

α) Rudimentäre Gebilde,
β) exzessive Bildungen (wahrscheinlich manche zu komplizierte Bestäubungseinrichtungen der Orchideen, nach Kraenzlin).

d) Begleiterscheinungen, die als notwendige mechanische oder chemische Folgen anderer wesentlicher Eigenschaften auftreten, z. B. die dunkle Färbung des Kernholzes, der hohe Wassergehalt der Wasserpflanzen, die weisse Farbe der Filzblätter.

2. Nicht erbliche Eigenschaften.

a) Anpassungserscheinungen (individuelle, ontogenetische Anpassungen). Viele Xenomorphosen, z. B. Licht- und Schattenblattstruktur, sind nicht erblich.[2])

b) Ernährungsmodifikationen (Nanismus, Hemmungsbildungen, Hypertrophieen etc.).

c) Pathologische Erscheinungen: z. B. Verstümmelung durch Frost oder Verbiss, Cecidien etc.

[1]) Nach Nägeli sind diese Organisationsmerkmale ein Ausdruck der innern Gestaltungsgesetze (Autogenesis). Sachs nennt sie „Automorphosen“ und spricht direkt von dem „morphologisch schöpferischen Walten der Natur“. Wallace, Wettstein, Reinke, Potonié u. a. halten auch diese Eigenschaften für Anpassungsmerkmale, die früher einmal nützlich gewesen sein müssen. „Morphologische Charaktere sind bei den Vorfahren Anpassungscharaktere gewesen“ (Potonié).

[2]) Die Auffassung dieser Strukturen ist vielfach noch streitig: während Stahl, Sachs, Goebel, Pfeffer, Reinke u. a. den Bau des Schattenblattes als zweckmässige Reaktion auffassen, will Küster neuerdings (Pathologische Pflanzenanatomie, 1903, S. 49) denselben als Hemmungsbildung deuten, indem er darauf hinweist, dass dieselben Strukturen auch unter dem Einfluss anderer ungünstiger Faktoren (allzu grosse Trockenheit, Kohlensäuremangel, Einwirkung von Parasiten) entstehen; ebenso polemisiert Küster gegen die Auffassung des „Wasserblatts“ und der Reduktion des mechanischen Gewebes bei Wasserkulturen als „zweckmässiger Reaktionen“.

2. Abschnitt. Gesamt-Ökologie (Ökologie der ganzen Pflanze).

I. Ernährungsweise.

1. Autotroph: chlorophyllhaltig, selbständig lebend, normaler Weise den ganzen Bedarf an organischer Nahrung durch Photosynthese deckend.
2. Allotroph (diatroph, dichotroph, heterotroph): chlorophyllfrei, organische Nahrung von aussen aufnehmend.
   a) Holosaprophyten, obligate Fäulnisbewohner.
   b) Holoparasiten, Schmarotzer; entweder obligate Schmarotzer, welche ausschliesslich parasitisch sich ernähren, oder fakultative Schmarotzer, wenn neben parasitischer auch saprophytische oder selbst autotrophe Ernährungsweise möglich ist.
3. Mixotroph: Nahrung gemischt, organische Nahrung teils durch Photosynthese erzeugt, teils anderweitig aufgenommen.
   a) Hemisaprophyten (Halb-Fäulnisbewohner).
   b) Hemiparasiten (grüne Halbschmarotzer).
   c) Symbiotrophe Pflanzen (Nutricismus). Ernährung mit Hilfe von Mykorrhizen, Knöllchenbakterien u. a.
   d) Insektivore Pflanzen.

II. Medium.

1. Euphyten (Bodenpflanzen, Edaphophyten): Wurzeln im Boden, Assimilationsorgane an der Luft befindlich.
2. Aërophyten (Luftpflanzen, Epiphyten, Überpflanzen): die ganze Pflanze über dem Boden befindlich, auf anderen Pflanzen haftend.
3. Hydrophyten (Wasserpflanzen): Assimilationsorgane entweder untergetaucht mit Ernährung durch die Kohlensäure des Wassers (Tauchpflanzen) oder auf dem Wasserspiegel schwimmend mit Ernährung durch die Kohlensäure der Luft (Schwimmpflanzen).

III. Lebensdauer und Überwinterungsform.

1. Übersicht nach Krause und Buchenau.

A. Einmal blühende, hapaxanthe Pflanzen. Nach ihrem Bau fast stets Kräuter. ○
   Einjährige Sommerpflanzen. ⊙
   Einjährige Winterpflanzen (Keimung im Herbst, Fruchten im darauffolgenden Sommer). [illegible]
   Zweijährige Pflanzen. ⊙⊙
   Mehrjährige hapaxanthe Pflanzen *(Orobanche, Musa Ensete)*. ⊙-⊙

B. Mehrmals blühende, perennierende Pflanzen.
   I. Oberirdische Langtriebe fehlen oder haben kurze Dauer (Triebpflanzen).
      a) Langtriebe fehlen oder sind nicht zu allen Zeiten vorhanden; ihre Lebensdauer ist längstens eine Vegetationsperiode: Stauden (*Herbagines*).
         1. Oberirdische Organe überhaupt nur zu bestimmten Jahreszeiten vorhanden: Zeitstauden (*Elesiae*). ♃
         2. Ausdauernde oberirdische Kurztriebe vorhanden, die zu allen Jahreszeiten Blätter tragen: Dauerstauden (*Dielesiae*). ♃
      b) Langtriebe zu allen Jahreszeiten vorhanden, in der Regel verholzend und von mehr als einjähriger Dauer, aber hapaxanth: Büsche (*Virgultae*) z. B. *Rubus*. ♄
   II. Perennierende, in der Regel verholzende Langtriebe vorhanden: Stammpflanzen (*Plantae aibryes*).

a) Stengel und stärkere Äste verholzend, schwächere Äste und Zweige krautig, im Herbst absterbend: Halbsträucher (*Suffrutices*) z. B. *Lavandula, Hyssopus, Salvia officinalis, Solanum Dulcamara* etc. ♄
b) Stengel, Äste und Zweige verholzend: Holzpflanzen. ♄
   1. Zwergsträucher, Reiser (*Sarmenta*), niederliegend oder aufstrebend, sich wenig, kaum über 50 cm vom Boden erhebend, z. B. *Arctostaphylos, Vaccinium* etc. ⩛
   2. Sträucher (*Frutices*), mit mehreren aufrechten Stämmen. ⩛
   3. Bäume (*Arbores*) mit einem aufrechten Stamme. Y
   (Buchenau schlägt ferner für Krautgewächse im allgemeinen das Zeichen ♃ vor).

2. Übersicht der Drude'schen Einteilung.

A. Landpflanzen.

a) Holzpflanzen } ∞ immergrün / ○ sommergrün.
   1. Klasse: Bäume (*Fagus silvatica*). ♄
   2. Klasse: Sträucher (*Lonicera Xylosteum*). ♄
   3. Klasse: Zwerggesträuche (incl. Holzparasiten) (*Calluna vulgaris*). ♄
   4. Klasse: Schösslingssträucher (*Rubus* und *Rosa*). ○♄

b) Holzstauden (Übergang von Holzpflanzen zu nicht verholzenden).
   5. Klasse: Holzstauden (Halbsträucher und Erdhölzer) (*Ruta graveolens, Dryas octopetala*). ♄ ♃

c) Nicht verholzende Pflanzen (krautartige).
   I. Selbständig sich ernährende (autotrophe).
   α) Stauden, d. h. mehrmals blühende, ausdauernde, perennierende Pfl. ♃
   a) Dikotyle Stauden mit oberirdisch perennierenden krautigen Trieben. ♃
   6. Klasse: Rosettenstauden (*Plantago media*).
   7. Klasse: Polsterbildner der Dicotylen (*Dianthus caesius*).
   8. Klasse: Blattsucculenten (*Sedum acre*).
   9. Klasse: Kriechstauden (*Ajuga reptans*).
   b) Monokotyle Rasenbildner. ⁂♃
   10. Klasse: Gedrängte Rasenbildner (*Nardus stricta*).
   11. Klasse: Ausläufer-Rasenbildner (*Carex arenaria*).
   c) Redivive Stauden, mit unterirdisch ausdauernder, oft ganz weich und fleischig bleibender Grundachse und meist starker Niederblattentwicklung in einer zur Verjüngung der Pflanze bestimmten Form. ♃
   12. Klasse: Erdstauden (*Polygonatum officinale*).
   13. Klasse: Zwiebel- und Knollenpflanzen (*Colchicum autumnale*).
   14. Klasse: Wurzelsprosser (*Pirola*).
   (15. Klasse: Farne).
   β) Kräuter, d. h. einmal blühende, hapaxanthe oder monokarpische Pflanzen.
   16. Klasse: Zweijährige Blütenpflanzen (*Verbascum Thapsus*). ⊙⊙
   17. Klasse: Einjährige Blütenpflanzen (Sommer- und Winterpflanzen) (*Capsella Bursa pastoris*). ⊙ und ⊙
   II. Ohne Chlorophyll, nicht selbständig sich ernährend.
   18. Klasse: Saprophyten (*Monotropa Hypopitys*). Spr.
   19. Klasse: Parasiten (*Orobanche minor*). Pr.

B. Süsswasserpflanzen.
   20. Klasse: Schwimmpflanzen (*Nymphaea alba*). ♃△ oder ⊙△
   21. Klasse: Tauchpflanzen (*Ceratophyllum demersum*). ♃▽ oder ⊙▽

C. Meerespflanzen.

22. Klasse: Ausdauernde Seegewächse (*Zostera marina*).

3. Lebensalter und Tod: Verschiedene Lebensalter des Stockes bei Stauden (Dauerhaftigkeit), maximales Lebensalter bei Bäumen.

IV. Phänologie.

1. Stauden: Zeitpunkt des Treibens, Blühens, Fruchtens und Einziehens an klimatisch möglichst verschiedenen Orten des natürlichen Verbreitungsgebietes.
2. Holzpflanzen: Laubentfaltung, Blüte, Frucht, Laubfall für Stationen in der Ebene und im Gebirge; Abschluss der Cambiumtätigkeit, Abschluss der Triebspitze, Johannistriebbildung, zweimaliges Blühen, Periodizität des Wurzelwachstumes.

V. Standort: Beziehungen zur Quantität von Feuchtigkeit, Licht, mineralischen Nährstoffen, Humus.

1. Hygrophyten (oder hygrophile Pflanzen): Feuchtigkeit liebend.
2. Xerophyten (oder xerophile Pflanzen): Trockenheit liebend und mit Schutzeinrichtungen gegen die Gefahr zu starker Transpiration versehen.
3. Tropophyten (oder tropophile Pflanzen, Wechselpflanzen): in der einen Periode der Vegetationszeit hygrophil, in der andern xerophil (z. B. unsere sommergrünen Laubhölzer).
4. Halophyten (oder halophile Pflanzen, Salzpflanzen): salzreichen Boden nicht scheuend, mit xerophilen Anpassungen.
5. Mesophyten (oder mesophile Pflanzen): lieben Boden und Luft von mittlerer Feuchtigkeit, meiden Boden mit stehendem Wasser und starkem Salzgehalt; kein Faktor wirkt in extremer Weise ein.
6. Bodenvage Pflanzen: sind indifferent gegen den Kalkgehalt des Bodens.
7. Kalkzeiger: einen hohen Kalkgehalt im Boden nicht scheuend.
8. Kieselzeiger (kalkfliehend): auf kalkreichem Boden nicht gedeihend.
9. Düngerzeiger: durch animalische Düngung begünstigt (z. B. *Taraxacum officinale*).
10. Magerkeitszeiger: durch animalische Düngung vertrieben (z. B. *Antennaria dioica*).
11. Humuszeiger: auf humusreichen Boden angewiesen (z. B. *Pirola uniflora*).
12. Rohbodenpflanzen: können auch auf humuslosem oder sehr humusarmem Boden gedeihen.
13. Eutrophe Pflanzen: mineralreichen Boden liebend.
14. Oligotrophe Pflanzen: die Bewohner oligotrophen, d. h. mineralarmen Bodens (Heidepflanzen).
15. Sphagnophyten (oder sphagnophile Pflanzen): mit Vorliebe auf Sphagnum-Polstern wachsend, wie die meisten Hochmoorbewohner.
16. Licht- und Schattenpflanzen.

VI. Beteiligung der Art an pflanzlichen Formationen.

VII. Geographische Verbreitung, in grossen Zügen.

3. Abschnitt. Spezielle Ökologie einzelner Entwickelungszustände und Organe.

§ 1. Keimung.

I. Sicherung der Keimung.

1. Schutzmittel der Samen s. S. 23.
2. Einrichtungen zur Unterbringung des Samens in ein geeignetes Keim-

bett: Befestigung des Samens am Boden oder (bei Parasiten) am Wirt; Bohrvorrichtungen; Geokarpie.

II. Art der Keimung: Einrichtungen zur Erleichterung des Hervortretens des Keimlinges, Einrichtungen zum Durchbrechen des Bodens.

Typen der Keimung (nach Klebs):

A. Der Keimling trägt zwei oder mehr Kotyledonen.

a) Die Kotyledonen kommen bei der Keimung über den Boden.

1. Hauptwurzel vom ersten Austritt aus dem Samen an lebhaft wachsend, der Hypokotyl schafft die Kotyledonen aus dem Samen über den Boden, Wurzelhals nicht oder wenig verdickt (die meisten *Dikotyledonen* und *Coniferen*).
2. Wie 1. aber die Hypokotyl-Basis durch besondere, oft einseitige Verdickung ausgezeichnet (z. B. *Cucurbitaceen*).
3. Wie 1, aber mit starkem selbstständigem Wachstum des Endosperms (z. B. *Taxus*, *Ricinus*).
4. Hauptwurzel mässig oder stark wachsend, Hypokotyl schwach entwickelt; die Stiele der Kotyledonen ziehen diese aus dem Samen (z. B. viele *Umbelliferen*).
5. Hauptwurzel während der Keimung wenig oder gar nicht wachsend, am Wurzelhals ein Kranz langer Haare entwickelt, sonst wie 1. (viele kleinsamige *Dikotyledonen*, viele Wasser- und Sumpfpflanzen).

b) Die Kotyledonen bleiben unterirdisch.

6. Hierher wenige *Dikotyledonen* und *Gymnospermen*.

B. Dikotyledonen, von deren Kotyledonen einer oder beide rudimentär sind.

7. Hierher z. B. *Thesium*, *Rhinanthus*, *Monotropa*, *Cyclamen*, *Trapa*.

C. Der Keimling trägt einen Kotyledon (*Monokotyledonen*).

8. Hauptwurzel hervortretend, meist lebhaft wachsend; der Kotyledon bleibt mit der Spitze im Samen stecken, tritt mit seiner Basis heraus und bildet eine kurze Scheide (z. B. viele *Liliaceen*, *Iridaceen*, *Amaryllidaceen*).
9. Scheide des Kotyledons stark verlängert, von dem im Samen steckenden Teil durch einen langen fadenförmigen Stiel getrennt, sonst wie 8 (z. B. *Gladiolus*, *Asphodelus*).
10. Hauptwurzel nach Durchbrechung der Wurzelscheide anfangs lebhaft wachsend; die Teile des Kotyledons scharf gesondert: der eine bleibt als Schildchen im Samen, der andere bildet die Keimblattscheide, welche den Erdboden durchbricht (Gräser).
11. Kotyledonarscheide bei Beginn der Keimung zuerst hervortretend, Hauptwurzel erst später in die Länge wachsend (*Cyperaceen*).
12. Hauptwurzel meist lebhaft wachsend, Kotyledon lang, fadenförmig, nach Aussaugung des Endosperms als erstes Laubblatt über die Erde tretend (z. B. *Allium*-Arten).
13. Hauptwurzel während der Keimung wenig oder gar nicht wachsend, am Wurzelhals ein Kranz langer Haare entwickelt; der Kotyledon verhält sich wie bei 12 (viele Sumpf- und Wasserpflanzen, *Helobiae*, *Juncus* u. a.)
14. Hauptwurzel nicht entwickelt, der undifferenzierte Embryo wächst bei der Keimung zu einem knollenartigen Stämmchen heran, an dessen oberem Ende der kleine rudimentäre Kotyledon und seitlich an diesem die Stammknospe sitzt (*Orchideen*).

III. Schutzmittel des Keimlings.

1. Reservestoffe des Samens, notwendiger und nützlicher Teil derselben.

Antagonismus zwischen Verbreitungsfähigkeit und Ausstattung mit Reservestoffen.
2. Natürliche Nachreife.
3. Keimung bei niederer Temperatur als Mittel zur Resistenz gegen Frost.
4. Hinabziehen der Stengelspitze in den Boden durch Kontraktion des hypokotylen Gliedes oder durch Zugwurzeln.
5. Resistenz gegen Austrocknung und Überschwemmung.
6. Regenerationsfähigkeit nach Verstümmelung.

IV. Die Kotyledonen in ihrer Bedeutung als Reservestoffbehälter, Saugorgane, Assimilationsorgane, Schutzorgane für die Plumula.

V. Die Keimwurzel, Anpassungen derselben bei Schmarotzern, Epiphyten, Wasserpflanzen u. s. w.

VI. Keimanhänge, kiemenartige Apparate bei Wasserpflanzen.

§ 2. Jugendformen.

I. Art der Entwickelung.
1. Homoblastisch: Jugendform und Folgeform sind wenig verschieden.
2. Heteroblastisch: Jugend- und Folgeform stark verschieden.

II. Primärblätter (Protophylle), die auf die Kotyledonen folgenden ersten Blätter, in ihren Beziehungen zu den Folgeblättern (Metaphyllen); ursprüngliches oder abgeleitetes Verhalten der Jugendform.

III. Fixierungsmöglichkeit der Jugendform.

IV. Anpassungserscheinungen, Schutzmittel und dgl.

V. Auftreten von Rückschlägen zur Jugendform an den Folgeformen und die Bedingungen hierzu.

§ 3. Die Folgeform (d. h. die erwachsene Pflanze).

A. Bewurzelung: Wurzellose Pflanzen (z. B. *Corallorrhiza*), selbständig lebende Wurzeln (z. B. *Pirola uniflora, Monotropa*). Normales Verhalten:

I. Arbeitsteilung unter den Wurzeln: Nährwurzeln einschl. Haustorien, Zugwurzeln, Kletterwurzeln der Wurzelkletterer, Stützwurzeln, Atemwurzeln, Speicherwurzeln, Nestwurzeln (Kondensationswurzeln, Assimilationswurzeln).

II. Anpassungen der Wurzeln an das Substrat: Erdwurzeln, Wasserwurzeln, Wurzeln der Xerophyten, Humusbewohner und Sphagnophyten; Tiefe der Bewurzelung.

III. Anpassung an die Kronentraufe: zentripetale und zentrifugale Wasserzuleitung.

IV. Periodizität der Wurzelbildung, Bildung der Wurzelfäserchen, Abnahme der Kambiumtätigkeit.

V. Symbiontische Wurzeln: Mykorrhizen und Bakterienknöllchen.

VI. Wurzeln der Parasiten und Saprophyten.

B. Der vegetative Spross.

I. Die Sprossfolge im weiteren Sinne.

a) Die Arbeitsverteilung unter den Sprossen des Individuums.
1. Notwendige Sprosse (= wesentliche), d. h. die in der direkten Linie von der Keimachse zur Blüte liegenden.
2. Nützliche Sprosse (= unwesentliche), die der Zahl nach unbestimmten Wiederholungsgenerationen.
3. Erstarkungssprosse, d. h. die successiven gleichwertigen Sprossgenerationen (notwendigen und bestimmten Wiederholungsgene-

rationen) von der Keimachse bis zur ersten Blüte (bei dem Spargel z. B. 8—10, bei der Linde ca. 30).

4. Erhaltungssprosse, d. h. im Knospenzustand bis zur nächsten Vegetationsperiode bleibend.
5. Bereicherungssprosse, innerhalb derselben Vegetationsperiode neben den wesentlichen Sprossen auftretende Seitensprosse.
6. Vermehrungssprosse, sich ablösende und zu neuen Individuen werdende Sprosse.

b) Die Lebensdauer der Sprosse: monocyclische Sprosse erreichen ihre Blühbarkeit in einer Vegetationsperiode, di-, tri-, pleiocyclische Sprosse erreichen ihre Blühbarkeit in 2, 3 oder mehr Jahren.

c) Gruppierung nach der Rangordnung der Blütentriebe (Sprossfolge im engern Sinne). Einachsige, zweiachsige etc. Pflanzen.

II. Gruppierung der Gefässpflanzen nach Lebensdauer, Sprossdauer, Überwinterung, Verjüngung und Wanderungsvermögen (Warmings biologische Gruppen).

A. Hapaxanthische (A. Braun), (= einmal blühende; monokarpische [De Candolle]; haplobiontische [Braun]), einmal fruchtende [Roeper, Hildebrand] — Die Pflanze stirbt nach dem ersten Blühen vollständig ab und pflanzt sich nur durch Samen fort.

1. Annuelle (einjährige, monocyclische) (*Lamium purpureum, Stellaria media*). ⊙
2. Bienne (Bisannuelle, dicyclische) (*Daucus Carota*). ⚇ und ⊙⊙
3. Pleio- oder Polycyclische: vegetatives Leben über mehrere Jahre sich ausdehnend. (*Orobanche*). ⊙-⊙

B. Perennierende Pflanzen (= mehrmals blühende, mehrmals fruchtende, anabiontische [A. Braun], polykarpische [De Candolle]).

a) Ohne oder mit äusserst geringem Wanderungsvermögen.

α) Die Primärwurzel persistiert durch das ganze Leben der Pflanze; das einzige Vermehrungsmittel bilden die Samen.

aa) Verholzende, vieljährige, oberirdische Sprosse.

4. Dikotyle Bäume und Sträucher.

bb) Krautartige oder nur schwach verholzende, zum grössten Teil im Herbste absterbende Sprosse.

5. Stauden mit vielköpfiger Wurzel. Jede Pflanze aus einem Samen entstanden, die Primärwurzel dauert, Nebenwurzeln fehlen oder sind bedeutungslos. Vom Primärspross bleibt der unterste Teil am Ende der ersten Vegetationsperiode als Träger der Verjüngungssprosse stehen; indem dasselbe sich an den folgenden Sprossen wiederholt, entsteht ein unordentlicher, kurz gedrängter Sprossverband. Hieher nur Dikotyledonen.

αα) Hauptspross durch Blütenbildung begrenzt.

* Mit monocyclischen Sprossen, ohne grundständige Blattrosette: *Polygala vulgaris, Helianthemum vulgare, Lotus corniculatus, Hypericum perforatum.*

** Mit dicyclischen Sprossen, mit grundständiger Blattrosette: *Taraxacum officinale, Chelidonium majus, Carlina acaulis.*

ββ) Hauptspross unbegrenzt, stets mit Blattrosette: *Plantago media, Trifolium pratense.*

6. Stauden mit perennierenden Knollenbildungen.

Untergruppe A. Die Hauptwurzel ist knollig verdickt.

α) Mit begrenztem Hauptspross: *Bryonia alba, Phyteuma spicatum.*

β) Mit unbegrenztem Hauptspross: *Rhodiola rosea.*

Untergruppe B. Das hypokotyle Glied ist knollig verdickt.

α) Mit begrenztem Hauptspross: *Eranthis hiemalis, Umbilicus pendulinus.*

β) Mit unbegrenztem Hauptspross: *Cyclamen europaeum, Corydalis cava.*

Untergruppe C. Das unterste epikotyle Internodium ist verdickt: *Tamus communis.*

β) Die Primärwurzel stirbt bald ab; vegetative Vermehrung kommt vor.

7. Stauden mit senkrechten oder wenig schiefen Grundachsen. Die Hauptwurzel wird nach 1—2 Jahren durch Nebenwurzeln ersetzt; die Sprosse sterben langsam von hinten her ab.

αα) Ohne Knollen- oder Zwiebelbildung.

A. Farnkräuter: *Aspidium Filix mas.*

B. Blütenpflanzen mit begrenzter Hauptachse und monocyclischen Sprossen: *Hieracium umbellatum, Cynanchum Vincetoxicum, Campanula Trachelium, Ficaria ranunculoides.*

C. Blütenpflanzen mit begrenzter Hauptachse und dicyclischen Sprossen (Rosetten): *Cardamine pratensis, Alisma Plantago, Ranunculus acer, Leontodon autumnalis.*

D. Blütenpflanzen mit unbegrenztem Hauptspross, begrenzten blühenden Seitenachsen: *Succisa pratensis, Geum rivale, Plantago major.*

ββ) Mit Knollen oder Zwiebeln.

E. Knollengewächse: *Arum maculatum, Colchicum autumnale, Ranunculus bulbosus.*

F. Zwiebelgewächse.

8. Wanderungsunfähige Stauden mit vollständig absterbendem Muttersspross. Die Sprosse sterben nach mono- oder dicyclischer Entwicklung ab und das Leben der Pflanze wird erhalten durch Tochtersprosse, die durch das Absterben der Muttersprosse selbständig werden: *Samolus Valerandi, Anthriscus silvestris, Orchis spec., Aconitum Napellus.*

b) Arten mit grösserem oder geringerem Wanderungsvermögen.

α) Die Primärwurzel bleibt erhalten.

9. Oberirdisch wandernde Arten mit langlebiger Primärwurzel: *Arctostaphylus Uva ursi, Thymus Serpyllum.*

β) Die Primärwurzel stirbt bald ab.

aa) Es werden Sprossverbände gebildet, weil Teile der Sprosse mehr als eine Wachstumsperiode leben.

10. Oberirdisch wandernde Pflanzen mit kurzlebiger Primärwurzel.

A. Kryptogamen mit geringer Sprossmetamorphose: *Polypodium vulgare.*

B. Oberirdische Sprosse monocyclisch, durch Blüten abgeschlossen: *Asarum europaeum.*

C. Sprosse ebenfalls begrenzt, aber di- bis pleiocyclisch. Jeder Spross hat 3 Stadien: ein Wanderungsstadium, ein Assimilationsstadium (Rosettenbildung, kann mehrere Jahre dauern) und ein Blühstadium: *Antennaria dioica, Hieracium Pilosella, Ajuga reptans, Bellis perennis.* (Heteroblastischer Spross.)

D. Ähnlich C, aber ohne Rosettenbildung: *Oxycoccos palustris, Comarum palustre, Menyanthes, Sedum album, acre.* (Homoblastischer Spross).

E. Ähnlich C, aber der Spross im Wanderungsstadium als langer, dünner Ausläufer ausgebildet (sehr beträchtliches Wanderungsvermögen!)

* Sprosse alle typisch begrenzt, mit Blüten abschliessend: *Ranunculus repens, Rubus saxatilis, Fragaria.*

** Unbegrenzte Laubsprosse neben begrenzten Blütensprossen: *Potentilla anserina, procumbens, reptans.*

F. Wie D, mit unbegrenztem Hauptspross, dieser aber nicht senkrecht

und kurz, sondern lang, dünn und kriechend: *Lycopodium annotinum, Linnaea borealis, Glechoma hederaceum, Lysimachia Nummularia.*

11. Unterirdisch wandernde Arten mit kurzlebiger Primärwurzel und horizontal kriechender Grundachse. (Parallelgruppe zu 7).
    A. Alle Sprosse sind unterirdische Laubsprosse ohne Niederblätter; jedes Jahr sendet jeder Spross ein Laubblatt empor: *Pteridium aquilinum, Polypodium Dryopteris.*
    B. Jeder Spross lebt mehr als ein Jahr (daher Sprossverbände); oberirdische Sprossteile nur einjährig, ohne Rosettenbildung; unterirdische Verzweigung unregelmässig, ohne „Kraftknospen"; alle Sprosse begrenzt: *Equisetum, Phragmites, Vicia Cracca, Lamium album, Urtica dioica.*
    C. Wie B, aber mit „Kraftknospen" und daher regelmässiger sympodialer Verzweigung. *Anemone nemorosa, Polygonatum*-Arten, *Epipactis, Cephalanthera, Hippuris, Asparagus, Potamogeton, Heleocharis palustris, Scirpus lacustris.*
    D. Ähnlich B, aber jeder Spross mit Rossettenbildung (dicyclisch). Analog Gruppe 5 und 7, aber unterirdisch!: *Tussilago Farfara, Achillea Millefolium, Aegopodium Podagraria, Pirola* spec. (excl. *uniflora*).
    E. Sträucher: *Vaccinium Myrtillus* und *Vitis Idaea, Syringa vulgaris.*
    F. Mit unbegrenzten unterirdischen Wandersprossen: *Adoxa Moschatellina, Oxalis Acetosella, Paris quadrifolia.*

bb) Jeder Spross lebt im entwickelten Zustand nur ein Jahr; eigentliche Sprossverbände werden daher nicht gebildet.

12. Unterirdisch wandernde Pflanzen mit einjährigen Sprossen, aber ohne Sprossverband: *Oxalis stricta, Stachys silvatica, Solanum tuberosum, Trientalis europaea, Circaea alpina, Stachys palustris.*

cc) Pflanzen, welche hauptsächlich durch ihre sprossbildende Wurzel wandern und überwintern.

13. Wurzelwanderer: *Pirola uniflora* (nur durch Wurzelsprosse sich vegetativ vermehrend), *Cirsium arvense, Linaria vulgaris, Rumex Acetosella, Epilobium angustifolium, Neottia Nidus avis* (Sprossbildung aus der Wurzelspitze).

dd) Im Wasser schwimmend.

14. Schwimmende Wasserpflanzen. Nicht im Grunde wurzelnd, durch Absterben der Muttersprosse und Selbständigwerden der Zweige sich vermehrend, oder durch Turionen oder Stauchlinge: *Stratiotes, Hydrocharis, Lemna, Ceratophyllum, Hottonia, Myriophyllum, Utricularia.*

III. Die ökologischen Sprossformen.

1. Geophile Sprosse (Geoblasten): unterirdisch sich entwickelnd, mit Niederblättern versehen.
   a) Ökologische Gruppen derselben.
      1. Geophile Speichersprosse: Zwiebel (Speicherung vorwiegend in Niederblättern), Anpassung der Zwiebelblätter an die Speicherfunktion, Schutz gegen mechanische Verletzungen und gegen Frass; Knolle (Speicherung vorwiegend in der Achse).
      2. Orthotrope Grundachsen; Grundblätter und ihre Anpassungen.
      3. Kriechende Grundachsen.
   b) Anpassungserscheinungen an den Achsen und Blättern der Geoblasten.
      1. Die Normaltiefe. Mittel zur Erreichung derselben: Zugwurzeln, Diageotropismus. Lichtreiz auf oberirdische Organe.
      2. Bohrvorrichtungen durch Niederblätter.
      3. Zweckmässige Wachstumsverteilung.

4. Das Austreiben der Erdknospen (Kraftknospen).
5. Schutzmittel des jungen Erdtriebes.

2. Photophile Sprosse (Photoblasten): oberirdisch, am Lichte sich entwickelnd.

a) Der arbeitende Laubspross (Mittelblattstamm).

1. Allgemeine Gestaltungs- und Symmetrieverhältnisse; Lage und Gestalt der Sprosse unter dem Einfluss richtender äusserer Kräfte und korrelativer Wirkungen (Anisotropie und Anisomorphie).

α) Orthotrope Achsen und Blätter: bei normalen Lebensverhältnissen auf horizontaler Erdoberfläche und bei allseitig gleicher Beleuchtung vollkommen senkrecht aufwärts oder vollkommen senkrecht abwärts wachsend (z. B. Hauptstämme der Bäume, Hauptachsen krautiger Gewächse, Hauptwurzeln, radiär gebaute Blätter von *Juncus* etc.);

aa) radiär gebaut (orthomorph),

bb) symmetrisch gebaut, und dann mit vertikaler Symmetrieebene: hierher als Grenzfall der Hemiorthotropie (s. unten β, bb) vertikal gestellte, dorsiventral gebaute Blätter.

β) Plagiotrope Achsen und Blätter: nehmen unter dem Einfluss derselben Kräfte, wie oben, schiefe Richtung zum Horizont oder horizontale Lage an und haben zugleich das Bestreben, ihre ebenen Flächen senkrecht zum stärksten Lichteinfall zu stellen;

aa) radiär gebaut (z. B. kriechende Grundachsen).

bb) Die meisten plagiotropen Organe sind flächenartig entwickelt; steht die Fläche so, dass eine auf ihr senkrechte Ebene in die Vertikale fällt, so nennt man das Organ hemiorthotrop gerichtet; solche Organe sind allermeist symmetrisch gebaut, d. h. die rechts und links stehenden Hälften gleich entwickelt, weil von den äusseren Faktoren gleich beeinflusst (hemiorthomorph gebaut).

cc) Steht ein plagiotropes, flächenförmiges Organ so, dass eine auf der Fläche senkrechte Ebene mit der vertikalen einen Winkel bildet (sodass man z. B. bei Blättern eine obere und untere Hälfte unterscheiden kann), so ist es klinotrop gerichtet; solche Organe sind allermeist unsymmetrisch ausgebildet, die untere Hälfte anders als die obere gebaut (klinomorph).

γ) Plagiotrope Organe können ferner Unterschiede in der Gesamtausbildung zeigen; sie können sein:

aa) dorsiventral gebaut, wenn sie qualitativ verschiedene Rücken- und Bauchfläche haben (oben und unten anatomisch unterschieden);

bb) heterotroph gebaut, wenn bei Seitenachsen Ober- und Unterseite nur quantitativ verschieden sind, verschieden starkes Dickenwachstum zeigen, und zwar:

αα) hypotroph, wenn die Unterseite stärker verdickt ist,

ββ) epitroph, wenn die Oberseite stärker verdickt ist,[1])

---

[1]) Die Ausdrücke epinastisch und hyponastisch, die von C. Schimper ursprünglich für diese Verhältnisse gebraucht wurden, werden jetzt allgemein für das verschiedene Längen- (nicht Dicken)wachstum von Ober- und Unterseite angewendet, weshalb Wiesner obige Termini einführte.

γγ) amphitroph gebaut, wenn die beiden Seitenflanken in der Entwicklung begünstigt sind, z. B. allein Seitenäste tragen (kann mit Heterotrophie kombiniert sein!),
δδ) isotroph gebaut, d. h. rings herum gleichmässig verdickt.

2. Korrelationserscheinungen.
3. Regenerationserscheinungen.
4. Der spezielle Modus der Freistellung der Blätter und Blüten.
   α) Autonome Sprosse (stützenlose).
      1. Blattstellung und ihre ökologische Bedeutung; Beziehung von Blattform und Blattstellung zur Durchlichtung.
      2. Fixe Lichtlage der Blätter und die Mittel zu ihrer Erreichung: aphotometrische Blätter, ohne feste Beziehung zum Licht; photometrische Blätter, mit fester Beziehung zum Licht; euphotometrisch, nur diffuses Licht ausnützend und sich senkrecht zu stärkerem Einfall stellend; panphotometrisch, diffuses Licht ausnützend, Sonnenlicht abwehrend.
      3. Anisophyllie und ihre Ursachen.
      4. Das Achsengerüst holziger Pflanzen (die Ursachen der Baumgestalt): Bauplan, monopodiale und sympodiale Entwickelung, Internodialkurve und Länge der Seitenachsen, Ablaufwinkel, Triebverluste, Lang- und Kurztriebe, der Einfluss des Windes auf die normale Gestaltung des Stammes und der Krone, sowie auf Windformen.
   β) Epikline Sprosse (stützbedürftige).
      aa) Windende Sprosse, ihre Nutationen, Vorläuferspitze.
      bb) Klimmende Sprosse: Spreizklimmer, Hakenklimmer, Wurzelklimmer, Rankenklimmer (Blattstielranken, Blättchenranken, Stengelranken, gemischte Ranken).
5. Dehnsprosse und Strauchsprosse: Rosettenpflanzen, Verschiedenheit der Rosetten- und Stengelblätter; Polsterpflanzen (xerophytische Anpassungen derselben, Humussammeln, Windschutz); Lang- und Kurztriebe der Holzpflanzen.
6. Flachsprossbildung.
7. Spezielle Anpassungen der Achsen: Schutzmittel gegen Tierfrass, myrmekophile Sprosse, xerophytische Anpassungen, Stammsucculenz, Winterform der Tropophyten, hydrophytische Anpassungen des Stengels.
8. Die Anpassungserscheinungen des Assimilationsblattes (Phyllobiologie).
   α) An Belichtungsverhältnisse: Sonnen- und Schattenblätter. Aphotometrisches Laub (ohne feste Beziehung zum Lichteinfall); photometrisches Laub (mit fester Beziehung zum Lichteinfall); euphotometrisch (grösste Lichtökonomie, senkrecht zum stärksten diffusen Licht); panphotometrisch (diffuses Licht ausnützend, direktes Sonnenlicht abwehrend); Blattmosaik, Lichtschirmbildung.
   β) Xerophytische Anpassungen des Laubblattes: Leder-, Roll-, Tau-, Runzel-, Wachs-, Dickblätter, lackierte, behaarte Blätter, Kompasspflanzen.
   γ) Hygrophytische Anpassungen. Regenblätter (Sammtblätter, Hängeblätter, Blätter mit Träufelspitze).

δ) Hydro- und helophytische Anpassungen: Strömungs-, Stehwasser-, Schwimm-, Binsen-, Überschwemmungs-, Sumpfblätter.
ε) Anemophobe Anpassungen, Windblätter: Zitter-, Schrauben-, Röhren-, Windfahnen-, Bogen-, Weiden-, Schaukel-, zerteilte Blätter u. a.
ζ) Anpassungen an die Temperatur, Nyktitropismus.
η) Zoophobe Anpassungen, Schutz gegen Tierfrass: Distel-, Säge-, Rauh-, Brenn-, Drüsenblätter, chemische Schutzmittel, Rhaphidengehalt, mikrozoophobe Einrichtungen.
ϑ) Zoophile Anpassungen: Myrmekophilie, Drüsenblätter, Acarodomatienblätter, insektivore Blätter.
ι) Epiphytische Anpassungen, Nischenblätter u. ä.

b) Der ruhende Laubspross.
1. Formen der Überwinterung
α) bei immergrünem Laub: Winterschutzfärbung, Trockenheitsschutz, Lebensdauer, Richtung im Raume (Thermometerpflanzen);
β) bei sommergrünem Laub krautiger und holziger Gewächse.
2. Der Laubfall als xerophytische Schutzeinrichtung der Tropophyten.
3. Knospenbau und Knospenschutz.
4. Austreiben der Knospen.
5. Schutzeinrichtungen des jungen Triebes.

c) Vermehrungssprosse: Oberirdische Brutknöllchen (hierher auch die falsche Viviparie), oberirdische Brutzwiebeln, oberirdische Ausläufer, Adventivknospenbildung auf Wurzeln und auf Blättern.
d) Schutzsprosse: Zweigdornen. (Sch.)

C. Der Blütenspross (Bestäubungseinrichtungen).

I. Die Bestäubungsorgane nebst ihren Hilfsapparaten.
1. Blütenhülle: Hochblatthülle und Perianth als Schutz- und Schauapparat.
2. Pollen erzeugender Apparat: Öffnungsweise der Antheren, Formen und Struktur der Pollenzellen, Beschaffenheit des Pollens, Bewegungen und Stellungsänderungen der Staubblätter.
3. Pollen aufnehmender Apparat: Verschiedenheit desselben bei *Gymnospermen* und *Angiospermen*, Formen der Narbe, ihre Struktur im Reifezustand, Bewegungen von Griffeln und Narben.
4. Nektarapparat: Funktion und Stellung der Nektarien, nektarlose Blüten und Nektarblumen.
5. Der Blühvorgang nebst Begleiterscheinungen: Geschlossene und offene Blüten (Kleisto- und Chasmopetalie), Öffnungs- und Schliessbewegungen, Wärmeentwickelung und Atmung beim Blühen, Abhängigkeit des Blühens von äusseren Faktoren und von inneren Ursachen.
6. Bestäubung und Befruchtung: Haftvorrichtungen der Narbe, Leitung des Pollenschlauches auf verschiedenen Wegen zur Eizelle (Chalazogamen und Porogamen), Vereinigung der Sexualkerne des männlichen und weiblichen Gametophyten, doppelte Befruchtung, ökologische Bedeutung des Befruchtungsvorganges.

II. Die Geschlechtseinrichtungen.
a) Arten der Bestäubung (Pollinationstypen). Die Bestäubung unter natürlichen Lebensbedingungen der Pflanzen kann stattfinden:
α) In geschlossener Blüte: Kleistogamie.
1. Mit reduzierten Bestäubungsorganen: Archikleistogamie (echte Zwangsbestäubung).

2. Mit wenig oder nicht veränderten Bestäubungsorganen: Pseudokleistogamie (unechte Zwangsbestäubung).

β) In offener Blüte: Chasmogamie.

3. Zwischen den Bestäubungsorganen der nämlichen Blüte: Autogamie (Selbstbestäubung).
4. Zwischen verschiedenen Blüten des nämlichen Pflanzenstockes: Geitonogamie (Nachbarbestäubung).
5. Zwischen Blüten verschiedener, nahe verwandter Pflanzenstöcke: Adelphogamie (Geschwisterkreuzung).
6. Zwischen Blüten verschiedener, weniger nahe verwandter Stöcke der nämlichen Pflanzenart: Gnesiogamie (Echte Kreuzung).
7. Zwischen Blüten von Pflanzenstöcken ungleicher Varietäten: Nothogamie (Blendlingsbestäubung).
8. Zwischen Blüten von Pflanzenstöcken ungleicher Pflanzenspezies: Hybridogamie (Bastardbestäubung).

Die Bestäubungsarten 5 und 6 werden auch als einartige Kreuzung (Xenogamie), desgleichen 7 und 8 als zweiartige Kreuzung bezeichnet.

Von grosser ökologischer Bedeutung ist der Unterschied zwischen den Bestäubungsarten 1 bis 5, die als Endogamie (Inzucht, autogenetische Bestäubung) zusammengefasst werden könneu, gegenüber den Formen 6 bis 8, die wir als Exogamie, „Kreuzung mit einem frischen Stamm" (heterogenetische Bestäubung) bezeichnen. Die Mehrzahl unserer einheimischen Blütenpflanzen wird je nach den Lebensumständen auf endogamem oder exogamem Wege bestäubt und befruchtet — ein Verhalten, das als Amphigamie den beiden andern Bestäubungsarten gegenübersteht.

b) Geschlechterverteilung; normales Verhalten, Variationen.

1. Eingeschlechtige Blüten: Monöcie, Diöcie.
2. Zwitterblüten: Hermaphroditismus.
3. Vorhandensein von zwitterigen und eingeschlechtigen Blüten.
   α) Polygamie: Andromonöcie, Gynomonöcie, Trimonöcie, Agamomonöcie.
   β) Polyöcie: Androdiöcie, Gynodiöcie, Triöcie, Pleogamie.
4. Funktionslosigkeit der Geschlechtsorgane: Adynamandrie, Adynamogynie.

c) Geschlechterspaltung, d. h. morphologische und physiologische Modifikationen der Geschlechtsorgane behufs Förderung der Exogamie:

α) An eingeschlechtigen Blüten: ungleichzeitige Entwickelung der männlichen und weiblichen Blüten (Metagynie und Metandrie im Gegensatz zur gleichzeitigen Entwickelung, der Synchronogamie).

β) An Zwitterblüten.

1. Ungleichzeitiges Reifwerden der beiderlei Geschlechtsorgane: Dichogamie mit den beiden Fälleu der Protandrie und Protogynie.
2. Räumlicher Abschluss der beiderlei Geschlechtsorgane gegeneinander: Herkogamie.
3. Bildung von je 2 oder 3 physiologisch und morphologisch ungleichartigen Formen der Geschlechtsorgane, die auf eben so viele Arten von Pflanzenstöcken verteilt sind: Dimorphe und trimorphe Heterostylie.

d) Sonstige Mehrgestaltigkeit der Geschlechtsorgane; dieselben unterscheiden sich:

1. In der Griffellänge verschiedener Blüten, ohne Ausprägung von echter Heterostylie: Anisostylie.

2. In der Richtung der Griffel gegenüber den Staubgefässen in verschiedenen Blüten: Enantiostylie.
3. In der Ausbildung und Funktion der Staubblätter innerhalb derselben Blüte: Heterantherie.

e) Funktionswechsel geschlechtslos gewordener Blüten: Umformung derselben zu Vexillarbildungen, Nektarorganen u. a.

f) Wirkung der verschiedenen Bestäubungsarten auf Frucht- und Samenansatz, sowie auf das Verhalten der Nachkommenschaft: Bestäubungsversuche. Selbstfertile und selbststerile Pflanzen, Präpotenz des fremden Pollens, Vergleich der ein- und zweiartigen Kreuzung.

III. Die Bestäubungsvermittler und die Anpassungsstufen der Blüten an dieselben.

a) Mechanische Übertragung des Blütenstaubes.
1. Windblütler: Anemogame Pflanzen.
2. Wasserblütler: Hydrogame Pflanzen.

b) Übertragung des Pollens durch Tiere.
3. Tierblütler: Zoidiogame Pflanzen.

c) Körperausrüstungen und Lebensgewohnheiten der Blumenbesucher; Anpassungsstufen derselben.

d) Anpassungsstufen der Blumen (Blumenklassen):
1. Pollenblumen: Bezeichnung Po.
2. Offene Honigblumen: A.
3. Blumen mit teilweise geborgenem Honig: AB.
4. Blumen mit völlig geborgenem Honig: B.
5. Blumengesellschaften: B'.
6. Bienen- und Hummelblumen: H.
7. Falterblumen: F.
8. Vogelblumen: O.
9. Sonstige Blumenklassen (Aasfliegenblumen, Kleinkerfblumen, Schneckenblütler, Fledermausblütler u. a.)

IV. Die Anlockungsmittel der Blüten.

a) Habituelle Anlockungsmittel:
1. Blütenfarbe, Saftmale, extraflorale Schauapparate, Scheinnektarien, Täuschblumen, Variation der Blumenfarbe. — Seh- und Farbenunterscheidungsvermögen der Insekten.
2. Blütenduft. — Geruchssinn der Blumenbesucher.
3. Durch die Infloreseenz und den Blütenträger bedingte Stellung der Blüten.

b) Phänologische Anlockungsmittel:
1. Blütendauer: Ephemere Blüten, periodisch sich öffnende und sich schliessende Blüten, Tag- und Nachtblüher.
2. Blütezeit; Blühen in Pulsen, mehrfaches Blühen.
3. Übereinstimmungen zwischen Blühperiode und Erscheinungszeit bestimter Blumenbesucher.

c) Stoffliche Anlockungsmittel:
1. Darbietung von Pollen, Verwendung desselben durch die Blumenbesucher.
2. Darbietung von Honig, Verwendung desselben durch honigsaugende Insekten und Vögel.
3. Darbietung anderweitiger Genussmittel zum Verzehren; Blumengäste und Blumenräuber, blumenverwüstende Gewohnheiten letzterer, Blumeneinbrüche von Insekten und Vögeln.

d) Symbiontische Anlockungsmittel:
 1. Darbietung von Herberge in Blumen.
 2. Darbietung von Nährstellen für die Larven blumenbesuchender Insekten.
 3. Darbietung lebender, von den Nektarien angelockter, kleiner Insekten als Beute blumenbesuchender Vögel.

V. Die Schutzmittel der Blüten.
 a) Vor der Anthese wirksam:
  1. Schutzmittel der Blütenknospen.
 b) Während der Anthese wirkend:
  2. Extraflorale Schutzmittel:
   α) Gegen ankriechende Blumenbesucher.
   β) Gegen anderweitige Schädigungen.
  3. Intraflorale Schutzmittel:
   α) Pollenschutz.
   β) Honigschutz.
   γ) Mittel zum Ausschluss bestimmter Besucherklassen.

VI. Wechselbeziehungen zwischen der Bestäubungseinrichtung und den Lebensbedingungen der Pflanzen.
 1. Veränderlichkeit der Blüteneinrichtung bei derselben Pflanzenart; autogame und xenogame Varietäten, Rückkehr von Insektenblütlern zu Anemogamie, sonstige Reduktionen und Umformungen des Bestäubungsapparats.
 2. Beziehungen zwischen Bestäubungseinrichtung und der systematischen Verwandtschaft der Pflanzen.
 3. Beziehungen zwischen Bestäubungseinrichtung und dem Wohngebiet der Pflanzen.
 4. Beziehungen zwischen Bestäubungseinrichtungen und Witterung.
 5. Blumenstatistik. Ergebnisse derselben für die Pflanzen Mitteleuropas.
 6. Blütenbiologische Beobachtungs- und Untersuchungsmethoden. Kritik der Theorien über den Ursprung der Blumen. (L.)

D. Same und Frucht.

I. Folgen der Bestäubung.
 a) Ausbleiben derselben, Fruchtungsvermögen, Parthenogenesis.
 b) Normale Bestäubung, Befruchtung, unvollkommene Befruchtung, adventive Keime, Polyembryonie.
 c) Postfloration: Karpotropische Bewegungen, Veränderungen der Blütenhüllen und der Nachbarorgane der Blüte, Schutzmittel der heranwachsenden Früchte.
 d) Same und Frucht im ausgereiften Zustand.

II. Periodicität der Fruchtbildung, einmal und wiederholt fruchtende Pflanzen, Jahreszeit der Fruchtreife, Samenjahre.

III. Aussäungseinrichtungen.
 a) Ausstreuvorrichtungen (an der Mutterpflanze).
  1. Vorbereitungen für eine zweckmässige Ausstreuung.
  2. Fehlen von Ausstreuvorrichtungen.
  3. Einrichtungen an Schliessfrüchten: Bodenläufer, Abgliederung der Früchte von der Mutterpflanze entweder automatisch oder mit Unterstützung durch äussere Anstösse.
  4. Einrichtungen an aufspringenden Früchten: elastisches Auswerfen der Samen bei Schleuderfrüchten und Ballisten, Aufspringen kapselartiger Früchte bei Xerochasie und Hygrochasie.

b) Schutzmittel der von der Mutterpflanze abgetrennten Samen und Früchte bis zum Eintritt der Keimung: Ruheperiode, Trockenheit, Festigkeit, Hartschaligkeit, Widerstandsfähigkeit, Mimikry; Dauer der Keimfähigkeit.

c) Verbreitungsmittel: Verbreitungsagentien und Verbreitungsausrüstungen, Feststellung der Verbreitungseinheit.

1. Anemochore Ausrüstungen: Körnchen-, Napf-, Scheibendreh-, Blasenflieger, Roller, Walzendreh-, Segel-, Schraubendreh-, Schirm-, Haarflieger, verschiedene Behaarung der Samen und Früchte.
2. Zoochore Ausrüstungen.
   α) Epizoische Einrichtungen: Anheftung an Tiere vermittelst Wasser, Schlamm, klebrige und schleimige Oberfläche, Klett- und Häkeleinrichtungen.
   β) Endozoische Einrichtungen: Anlockung von Tieren durch Darbietung von Nährstoffen.
   γ) Synzoische Einrichtungen: Anlockung von Ameisen.
3. Hydrochore Ausrüstungen: Flottierende und schwimmende Samen und Früchte, Hygrochasie.
4. Autochore Ausrüstungen: Kriechbewegungen.
5. Heterokarpie, Amphikarpie u. ä.
6. Mangel von Verbreitungsausrüstungen und ihr Ersatz.

IV. Schutzmittel des Individuums gegen die Schwächung durch die geschlechtliche Fortpflanzung: Vernarbung der Wunden nach Abgliederung der Früchte, Abwerfen einer Anzahl von Fruchtanlagen, Bildung von Ersatztrieben nach reichlicher Fruktifikation. Intervalle zwischen Samenjahren.

E. Verhältnis der verschiedenen Vermehrungsarten einer und derselben Species, Überwiegen der geschlechtlichen oder der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, Apogamie. (K.)

Verzeichnis

der wichtigsten zusammenfassenden Schriften über die spezielle Ökologie der Blütenpflanzen Mitteleuropa's.[1])

1. Adlerz, E. Bidrag till knopfjällens anatomi hos träd och buskartade växter. Bihang till k. svensk. Vet. Akad. Handlingar. VI. Nr. 15. Stockholm 1881.
2. Areschoug, F. W. C. Växtanatomiska undersökningar. II. Om den inre byggnaden i de trädartade växternas knopfjäll. Föredrag i Fysiografiska Sällskapet. 1871.
3. — — Beiträge zur Biologie der Holzgewächse. Lund Univ. Arsskrift. XIII. Lund, 1877.
4. — — Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Struktur der Blattorgane. Engler's Bot. Jahrbücher. Bd. II. 1882. S. 511–527.
5. — — Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen. Acta Reg. Soc. Phys. Lund T. VI. Lund 1896.
6. Axell, S. Om anordningarna för de fanerogama växternas befruktning. Stockholm, 1869.
7. Baranetzky, J. Über die Ursachen, welche die Richtung der Äste der Baum- und Straucharten bedingen. Flora, Bd. 89. 1901. S. 138—239.
8. Behrens, W. J. Die Nektarien der Blüten. Flora, Bd. 62. 1879. S. 2 ff.
9. Berg, E. von. Die Biologie der Zwiebelgewächse. Neustrelitz, 1837.
10. Beyer, H. Die spontanen Bewegungen der Staubgefässe und Stempel. Wehlau, 1888.
11. Bonnier, G. Les Nectaires, étude critique, anatomique et physiologique. Paris, 1879.
12. — — et Flahault, Ch. Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. Ann. d. sc. nat. Botanique. t. VII. 1879.
13. Braun, A. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Freiburg i. Br. 1849.
14. — — Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältnis zu Species, Generationsfolge, Generationswechsel und Generationsteilung der Pflanze. Berlin, 1853.
15. — — Über den Samen. Sammlung gemeinverständl. wissenschaftl. Vorträge, herausgegeben v. Virchow-Holtzendorff. Serie XIII, Heft 298. 1878.
16. Briquet, J. Etudes de biologie florale dans les Alpes occidentales. Bull. du Labor. de Botanique générale de l'Univ. de Genève. vol. I. 1896. p. 16–78.
17. Büsgen, M. Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena, 1897.
18. Cadura, R. Physiologische Anatomie der Knospendecken dicotyler Laubbäume. Inaug.-Diss. Breslau 1886.
19. Christ, H. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879.
20. Costantin, J. Les végétaux et les milieux cosmiques (adaptation, évolution). Paris, 1898.
21. Costantin et d'Hubert. La vie des plantes. Paris 1901.
22. Darwin, Ch. On the various contrivances by which british and foreign Orchids are fertilised by insects and on the good effects of intercrosses. London 1862. — Deutsche Übersetzung, Stuttgart 1862; 2. Ausg. 1877.

[1]) Die spezielle Literatur ist bei den einzelnen Familien angeführt.

23. — — Insectivorous plants. London 1876. — Deutsche Übersetzung. Stuttgart, 1876.
24. — — The effect of cross- and self-fertilisation in the vegetable kingdom. London, 1876. — Deutsche Übersetzung, Stuttgart, 1877.
25. — — The different forms of flowers on plants of the same species. London, 1877. 2. Ed. 1880. — Deutsche Übersetzung, Stuttgart, 1877.
26. — — The power of movement in plants. London 1881. — Deutsche Übersetzung, Stuttgart, 1881.
27. Darwin, Francis. On the hygroscopic mechanism by which certain seeds are enabled to bury themselves in the ground. — Transact. of Linnean Society. Ser. II Vol. 1. 1876.
28. Dassonville, C. Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux. Revue gén. de Botanique. t. X. 1898.
29. De Bary, A. Die Erscheinung der Symbiose. Strassburg, 1879.
30. De Candolle, Alph. Constitution dans le règne végétal de groupes physiologiques. Archives des sc. phys. et nat. t. 50. Genève, 1874.
31. Delpino, F. Sugli apparecchi della fecondazione nelle piante antocarpee (fanerogame). Firenze, 1867.
32. — — Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. Atti della Soc. Ital. delle sc. nat. in Milano. vol. XI—XIII. 1868—1874.
33. — — Funzione mirmecofila nel regno vegetale. Mem. della R. Accad. delle sc. dell' Istituto di Bologna. 1886—1889.
34. Dingler, H. Die Bewegung pflanzlicher Flugorgane. München, 1889.
35. Drude, O. Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart, 1890.
36. — — Deutschlands Pflanzengeographie. I. Teil. Stuttgart, 1896.
37. Dufour, L. Sur l'influence de la lumière sur la forme et la structure de la feuille. Annales des sciences nat. VII. série. vol. 5. 1887. pag. 311—413.
38. Ekstam, O. Blütenbiologische Beobachtungen auf Novaja Semlja. Tromsö Mus. Aarshefter. 18. Bd. 1897.
39. — — Einige blütenbiologische Beobachtungen auf Spitzbergen. Das. 20. Bd. 1898.
40. Engler, A. und Prantl, K. Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten. Bd. II—IV, nebst Nachträgen. Leipzig, 1889—1899.
41. Errera, L. Un ordre de recherches trop negligé: l'efficacité des structures défensives des plantes. Bull. de la Soc. bot. Belge. XXV. 1886 p. 80—98.
42. — — et Gevaert, G. Sur la structure et les modes de fécondation des fleurs. Bull. de la Soc. bot. Belge. XII. 1878. p. 38—181.
43. Feist, A. Über die Schutzeinrichtungen der Laubknospen dicotyler Laubbäume während ihrer Entwickelung. Nova Acta Leop.-Carol. Acad. Bd. 51. 1887. S. 301—344.
44. Fisch, E. Beiträge zur Blütenbiologie. Stuttgart, 1899.
45. Fischer, H. Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pollenkörner. Breslau, 1890
46. Francke, A. Einige Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen der Pflanzen. Halle a. S. 1883.
47. Frank, A. B. Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzenteilen und ihre Abhängigkeit vom Lichte und von der Gravitation. Leipzig, 1870.
48. — — Über die Lage und die Richtung schwimmender und submerser Pflanzenteile. Cohn's Beitr. z. Biol. der Pflanzen. Bd. I. Heft II. 1872. S. 31—86.
49. Fritsch, K. Über die periodischen Erscheinungen im Pflanzenreich. Prag, 1845.
50. Fritzsche, J. Beiträge zur Kenntnis des Pollens. Berlin, 1832.
51. Gärtner, C. F. Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse. Stuttgart, 1844.
52. Giltay, E. Anatomische Eigentümlichkeiten in Beziehung auf klimatische Umstände. Nederlandsch kruidkundig Archief. II. Ser. 1886. S. 413—440.

53. Goebel, K. Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Zeitung. Bd. 38. 1880. No. 45—50.

54. — — Pflanzenbiologische Schilderungen. Marburg, 1889—1892.

55. — — Über die Jugendformen von Pflanzen und deren künstliche Wiederhervorrufung. Sitzungsber. der k. bayr. Ak. der Wiss. Math.-naturw. Klasse. 1896 S. 447—497.

56 — — Organographie der Pflanzen. Jena, 1898—1901.

57. Grevillius, A. Y. Morphologisch-anatomische Studien über die xerophile Phanerogamenvegetation der Insel Öland. Engler's Bot. Jahrb. f. Systematik etc. Bd. 23. 1896. Heft 1 und 2.

58. Groom, P. Influence of external conditions on the form of leaves. Annals of Botany, VII. 1893. p. 152 f.

59. Grüss, J. Beiträge zur Biologie der Knospe. Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. XXIII. 1892. S. 637—703.

60 Haberlandt, G. Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Wien 1877.

61. — — Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Leipzig 1896.

62. Hansgirg, A. Physiologische und phykophytologische Untersuchungen. Prag, 1893.

63. — — Beiträge zur Kenntnis der Blütenombrophobie. Sitz.-Ber. der k. böhm. Ges. der Wiss. Math.-nat. Klasse. XXXIII. Prag, 1896.

64. — — Neue Untersuchungen über Gamo- und Karpotropismus, sowie über die Reiz- und Schlafbewegungen der Blüten und Laubblätter Das. XXIV. Prag, 1897.

65. — — Neue Beiträge zur Pflanzenbiologie, nebst Nachträgen zu meinen „Phytodynamischen Untersuchungen." Beihefte z. Botan Centralblatt. Bd. XII. 1902. S. 248—278.

66. — — Phyllobiologie, nebst Übersicht der biologischen Blatt-Typen von einundsechzig Siphonogamen-Familien. Leipzig, 1903.

67. Harz, C. O. Landwirtschaftliche Samenkunde. 2 Bde. Berlin, 1885.

68. Heinsius, H. W. Eenige waarnemingen en beschouwingen over de bestniving van bloemen der Nederlandsche Flora door Insekten. Bot. Jaarb. Dodonaea. Bd. IV. 1892. S. 54—144.

69. Henslow, G. On the self-fertilisation of plants. Transact. Linn. Soc. London, 2. ser. Bot. vol. I. 1877. p. 317—348.

70. — — The origin of floral structures through insects and other agencies London, 1888

71. — — The origin of plant-structures by self-adaptation to the environment, exemplified by desert or xerophilous plants. Journ. Linn. Soc. London. Bot. vol. XXX. 1894.

72. Herbst, C. Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. Biol. Centralbl. XIV. No. 18 ff. 1894. XV. No. 20 ff. 1895.

73. Hildebrand, F. Die Geschlechterverteilung bei den Pflanzen. Leipzig. 1867.

74. — — Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig, 1873.

75. — — Die Farben der Blüten in ihrer jetzigen Variation und früheren Entwickelung. Leipzig, 1879.

76. — — Die Lebensdauer und Vegetationsweise der Pflanzen, ihre Ursachen und ihre Entwickelung. Engler's Bot. Jahrbücher. Bd. II. 1881.

77. — — Über den Jugendzustand solcher Pflanzen, welche im Alter vom vegetativen Charakter ihrer Verwandten abweichen. — Flora Bd. 58. 1875. S. 305—330.

78. Hoffmann, H. Resultate der wichtigsten pflanzenphänologischen Beobachtungen in Europa nebst einer Frühlingskarte. Giessen, 1885.

79. — — Phaenologische Beobachtungen. Berichte der Deutschen Bot. Gesellschaft. Bd. IV. 1886. S. 380—399.

80. Husemann, A., Hilger, A. und Husemann, Th. Die Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer, pharmakologischer und toxikologischer Hinsicht 2. Aufl. 2 Bde. Berlin 1882—1884.

81. Huth, E. Die Klettpflanzen. Cassel, 1887.

82. — — Die Verbreitung der Pflanzen durch die Excremente der Tiere. Berlin, 1889.

83. — — Systematische Übersicht der Pflanzen mit Schlenderfrüchten Berlin, 1890.

84. Johow, F. Zur Biologie der floralen und extrafloralen Schauapparate. Jahrb. des kgl. bot. Gartens zu Berlin. Bd III, 1884 S. 47—68.

85. — — Die chlorophyllfreien Humuspflanzen nach ihren biologischen und anatomisch-entwickelungsgeschichtlichen Verhältnissen. Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. 20. 1889. S. 475—525.

86. Jordan, K. F. Die Stellung der Honigbehälter und Befruchtungswerkzeuge in den Blumen. Flora, Bd. 69. 1886.

87. Irmisch, Th. Zur Morphologie der monokotylischen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin, 1850.

88. — — Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen. I—VI. Abhandl. d. naturf. Ges. zu Halle a. S. 1854—1879.

89. Jungner, R. Klima und Blatt in der Regio alpina. Flora. Bd. 79, 1894. S 219—285.

90. — — Wie wirkt träufelndes und fliessendes Wasser auf die Gestaltung der Blätter? Stuttgart, 1895.

91. Kerner v. Marilaun, A. Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck, 1863.

92. — — Die Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden. Innsbruck, 1869.

93. — — Die Schutzmittel des Pollens gegen die Nachteile vorzeitiger Dislokation und gegen die Nachteile vorzeitiger Befruchtung. Innsbruck, 1873.

94. — — Die Schutzmittel der Blüten gegen unberufene Gäste. Innsbruck, 1876; 2. Ausg. 1879.

95. — — Pflanzenleben. 2 Bde. Leipzig und Wien, 1887—1891

96. — — Dasselbe. 2. Aufl. 1896—1898

96. Kihlman, O. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Acta soc. pro fauna et flora Fennica VI. No. 3. Helsingfors, 1890.

97. Kirchner, O. Neue Beobachtungen über die Bestäubungs-Einrichtungen einheimischer Pflanzen. Stuttgart, 1886.

98. — — Flora von Stuttgart und Umgebung, mit besonderer Berücksichtigung der pflanzenbiologischen Verhältnisse. Stuttgart, 1888.

99. — — Beiträge zur Biologie der Blüten. Stuttgart, 1890.

100. — — Mitteilungen über die Bestäubungseinrichtungen der Blüten. I—III. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk in Württ. Jahrg. 56—58. 1900—1902.

101. Klebs, G. Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Untersuchungen a. d. botan. Institut in Tübingen. Bd. 1. 1885. S. 535—635

102. Knuth, P. Handbuch der Blütenbiologie. Bd. I, II. Leipzig, 1898—1899.

103. Kny, L. Über die Anpassung der Laubblätter an die mechanischen Wirkungen des Regens und Hagels. Berichte d. D. Bot. G. Bd. 3. 1885. S. 207—213.

104. Kölreuter, J. G. Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen. Leipzig, 1761.

105. — — Fortsetzung, zweite und dritte Fortsetzung. Leipzig, 1763—1766.

106. Kuntze, O. Die Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere und Wetterungunst etc. Beilage zur Bot. Zeitung. Bd. 35. 1877.

107. Kurr, F. G. Untersuchungen über die Bedeutung der Nektarien in den Blumen. Stuttgart, 1832.

108. Lazniewski, W. v. Beiträge zur Biologie der Alpenpflanzen. Flora, Bd. 82. 1896. S. 224—267.

109. Lecoq, H. Etudes sur la Géographie botanique de l'Europe, et en particulier sur la végétation du plateau central de la France. 9 tomes. Paris, 1854—1858.

110. Leist, K. Über den Einfluss des alpinen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Mitteil. d. Naturf.-Ges. Bern. 1889. S. 159—201.

111. Lidforss, B. Zur Biologie des Pollens. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 29. 1896. S. 1—38.

112. — — Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens. Daselbst, Bd. 33. 1899. S. 232 - 312.

113. Lindman, C. A. M. Om postflorationen och dess betydelse såsom skyddsmedel för fruktanlaget. K. Svenska Vetensk.-Akad. Handlingar. Bd. 21. No. 4 Stockholm, 1884.

114. — — Bidrag till kännedomen om Skandinaviska fjellväxternas blomning och befruktning. Bihang till K. Svenska Vetensk.-Akad. Handlingar. Bd. 12. Afd. III. Nr 6. Stockholm, 1887.

115. Linsser. Untersuchung über die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg. VII. Sér. Bd. XI u. XIII. 1867 u. 1869.

116. Loew, E. Beobachtungen über den Blumenbesuch von Insekten an Freilandpflanzen des Botanischen Gartens zu Berlin. Jahrb. des Kgl. Botan. Gartens zu Berlin. Bd. III. 1884. S. 69—118 u. S. 253—296.

117. — — Weitere Beobachtungen über den Blumenbesuch von Insekten an Freilandpflanzen des Botanischen Gartens zu Berlin. Daselbst, Bd. IV. 1886. S 93—178.

118. — — Blütenbiologische Beiträge. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 22. 1891. S. 445—490. Bd. 23. 1892. S. 207—253.

119. — — Blütenbiologische Floristik des mittleren und nördlichen Europa, sowie Grönlands. Stuttgart, 1894.

120. — — Einführung in die Blütenbiologie auf historischer Grundlage. Berlin, 1895.

121. Lothelier, A. Influence de l'état hygrométrique et de l'éclairement sur les tiges et les feuilles des plantes à piquants. Lille, 1893.

122. Lubbock, J. On British wild flowers considered in relation to insects. London, 1875.

123. — — Blumen und Insekten in ihrer Wechselbeziehung dargestellt Nach der 2. Aufl. übersetzt von A. Passow. Berlin, 1877

124. — — Flowers, fruits and leaves. London, 1886

125. — — A contribution to our knowledge of seedlings. 2 vols. London 1892.

126. — — On stipules, their form and function. Journ. Linn. Soc. Bot. t. XXVIII. 1891. p. 217—244. t. XXX. 1895. p. 463—532. t. XXXIII. 1897 p. 202—230.

127. — — On buds and stipules. London, 1899.

128. Ludwig, F. Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart, 1895.

129. Lundström, A. Die Anpassungen der Pflanzen an Regen und Tau. Nova acta Reg. Soc. Sc. Upsal. Ser. III. Upsala, 1884.

130. — — Die Anpassungen der Pflanzen an Tiere. Daselbst, Vol. 13, fasc. 2. 1887.

131. Mac Dougal, Symbiosis and saprophytism Annals of Botany vol. III. 1899. p. 1—48.

132. Mac Leod, J. De Pyreneeënbloemen en hare bevruchting door insecten. Botan. Jaarboek Dodonaea. III 1891. S 260—485.

133. — — Over de bevruchting der bloemen in het Kempisch gedeelte van Vlaanderen. Daselbst, V. 1893. S. 155 452. VI. 1894. S. 119 512.

134. Magnin, A. Recherches sur la végétation des lacs du Jura. Revue gén. de Botanique, t. V. 1893. p. 241- 257, 303—316, 515—517.

135. Marloth, R. Über mechanische Schutzeinrichtungen der Samen gegen schädliche Einflüsse von aussen. Englers bot. Jahrbücher. IV. 1883. S. 225—265.

136. Massart, J. et Vandevelde, J. Parasitisme organique et parasitisme social. Paris, 1898.

137. Mer, E. Recherches sur le causes de la structure des feuilles. Bull. de la soc. bot. de France. t 30, 1883. p. 110—129.

138. Mikosch, K. Beiträge zur Anatomie und Morphologie der Knospendecken dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 74. 1876.

139. Mohl, H. v. Über den Bau und die Formen der Pollenkörner. Bern, 1834.

140. — — Über die Symmetrie der Pflanzen. Vermischte Schriften botanischen Inhalts. Tübingen, 1845. S. 12—27.
141. Molisch, H. Untersuchungen über Laubfall. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 93. 1886. S. 148—184.
142. Müller, H. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. Leipzig, 1873.
143. — — Weitere Beobachtungen über Befruchtung der Blumen durch Insekten. I—III. Verh. d. naturh. Ver. d. preuss. Rheinlande u. Westf. Jahrg. XXXV. 1878, S. 272—329 XXXVI. 1879, S. 198 268. XXXIX. 1882, S. 1—104.
144. — — Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insekten. Schenk, Handbuch d. Botanik, Bd. I. Breslau, 1878. S. 1—112.
145. — — Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten und ihre Anpassungen an dieselben. Leipzig. 1881.
146. Nilsson, N. H. Dikotyla Jordstammar. Acta Univ. Lund. t. 21. 1885.
147. Nobbe, F. Handbuch der Samenkunde. Berlin, 1876.
148. — — u. Hänlein, H. Über die Resistenz von Samen gegen die äussern Faktoren der Keimung. Die landwirtsch. Versuchsstationen. Bd. 20. 1877. S. 72—96.
149. Nordhausen, M. Untersuchungen über Asymmetrie von Laubblättern höherer Pflanzen nebst Bemerkungen zur Anisophyllie. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 37. 1901. S. 12-54.
150. Nördlinger, H. Deutsche Forstbotanik. 2 Bde. Stuttgart, 1874—76.
151. Nowaczek, C. Über die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge. Haberlandts wissenschaftl.-praktische Untersuch. Bd. 1. 1875.
152. Pfeffer, W. Pflanzenphysiologie. Ein Handbuch der Lehre vom Stoffwechsel und Kraftwechsel in der Pflanze. 2. Aufl. Leipzig, 1897—1901.
153. Raciborski, M. Die Schutzvorrichtungen der Blütenknospen. Flora, Bd. 81. 1895. S. 151—194.
154. Raunkiär, C. De Danske Blomsterplanters Naturhistorie. 1. Bd.: Enkimbladede. Kopenhagen, 1895—1899.
155. Ravn, F. Kölpin. Om Flydeevnen hos Fröene af vore Vand- og Sumpplanter. Bot. Tidsskrift. 19. Bd. 1894. S. 143—188.
156. Ricca, L. Osservazioni sulla fecondazione incrociata dei vegetali alpini e subalpini. Atti della Soc. Ital. di sc. nat. XIII. 1870. p. 254—263. XIV. 1871. p. 245—264
157. Rimbach, A. Über die Lebensweise der geophilen Pflanzen. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 15. 1897. S. 92-100.
158. Rosenvinge, L. Kolderup. Undersögelser over ydre Faktores Indflydelse paa Organdannelsen hos Planterne. Kjöbenhavn, 1888
159. — — L'organisation dorsiventrale des plantes. Revue de botanique. t. I. 1889.
160. Royer, Ch. La loi de niveau chez les plantes. Bull. de la soc. bot. de France. t. 17, 1870.
161. Sachs, J. Über orthotrope und plagiotrope Pflanzenteile. Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg. Bd. 2. 1879. S. 226—284.
162. Schäffer, C. Über die Verwendbarkeit des Laubblattes der heute lebenden Pflanzen zu phylogenetischen Untersuchungen. Abhandl. a. d. Gebiet d. Naturw. herausg. v. naturw. Ver. Hamburg, 1895.
163. Schenck, H. Die Biologie der Wassergewächse. Bonn, 1886.
164. — — Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. 3. Tle. 1892/3.
165. Schimper, A. F. W. Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika. Jena, 1888.
166. — — Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grundlage. Jena, 1898.
167. Schröter, C. u. Kirchner, O. Die Vegetation des Bodensees. Schriften d.

Ver. f. Geschichte des Bodensees u. seiner Umgebung. Heft 25, Lindau, 1896, Heft XXXI, Lindau, 1902.
168. Schübeler, F. C. Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania, 1873—1875.
169. Schulz, A. Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsverteilung bei den Pflanzen. 2. Tle. Cassel. 1888, 1890.
170. Schwarz, C. u. Wehsarg, K. Die Form der Stigmata vor, während und nach der Bestäubung bei verschiedenen Familien. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 15. 1884. S. 178—197.
171. Sernander, B. Den Skandinaviska vegetationens spridningsbiologi. Upsala u. Berlin, 1901.
172. Solms-Laubach, H., Graf zu. Über den Bau und die Entwicklung parasitischer Phanerogamen. Jahrb. für wissensch. Bot. VI. 1867/68. S. 509 638.
173. Spencer, H. Principles of Biology. 2 vols. London. 1864—67. — Deutsche Übersetzung von Vetter. Stuttgart, 1876
174. Sprengel, Ch. K. Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793.
175. — — Die Nützlichkeit der Bienen und die Notwendigkeit der Bienenzucht von einer neuen Seite dargestellt. Berlin, 1811.
176. Stadler, S. Beiträge zur Kenntniss der Nektarien und Biologie der Blüten Berlin, 1886.
177. Stahl, E. Über den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 16. 1883.
178. — — Pflanzen und Schnecken. Daselbst, Bd. 22. 1888.
179. — — Regenfall und Blattgestalt. Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. Vol. XI, 1893. p. 98—182.
180. — — Über bunte Laubblätter. Daselbst, Vol. XIII. 1896, p. 137—216.
181. — — Der Sinn der Mycorrhizenbildung. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 34, 1900. S. 539—668
182. Stebler, F. G. u. Schröter, C. Beiträge zur Kenntnis der Matten und Wiesen der Schweiz. Landw. Jahrb. d. Schweiz. Bd. X. 1892.
183. Stroever, V. Über die Verbreitung der Wurzelverkürzung. Inaug.-Diss. Jena, 1892.
184. Thurmann, J. Essai de Phytostatique appliqué à la chaîne du Jura et aux contrées voisines. 2 vol. Bern, 1849.
185. Tschirch, A. Über einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort. Linnaea IX. 1881.
186. Tubeuf, K. v. Samen, Früchte und Keimlinge der in Deutschland heimischen oder eingeführten forstlichen Kulturpflanzen. Berlin, 1891.
187. Vaucher, J. P. Histoire physiologique des plantes d'Europe, ou Exposition des phénomènes qu'elles présentent dans diverses périodes de leur développement. 4 vol. Paris, 1841.
188. Verhoeff, F. Blumen und Insekten der Insel Norderney und ihre Wechselbeziehungen. Nova Acta d. Kais. Leop.-Carol. Akad. d. Naturf. Bd. 61. 1894. S. 45—216.
189. Vesque, J. L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée. Ann. d. sc. nat. 6. sér., Botanique. t. XIII. 1882. p. 1—46.
190. Vöchting, H. Über Organbildung im Pflanzenreich. 2 Tle. Bonn, 1878, 1884.
191. Vogler, P. Über die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. Flora Bd. 89. 1901. S. 1 137.
192. Volkens, G. Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste auf Grundlage anatomisch-physiologischer Forschungen. Berlin, 1887.
193. Vries, H. de. Beiträge zur speziellen Physiologie landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Landw. Jahrbücher. Bd. 6, 1877. Bd. 8. 1879.
194. — — Über die Kontraktionen der Wurzeln. Daselbst, Bd. 9, 1880.

195. — — Het leven der bloem. Haarlem, 1900.

196. Vuillemin, P. La biologie végétale. Paris, 1888.

197. — — Antibiose et Symbiose. Assoc. franç. pour l'avancement des sciences. Congrès de Paris. 1889.

198. Wagner, A. Zur Kenntnis des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologischer Bedeutung. Sitz.-Ber. d. Akad. Wien, Math.-naturw. Klasse. Bd. 101 Abt. I. 1892. S. 487—548.

199. Ward, H. Marshall. Symbiosis. Annals of Botany. Vol. 13. 1899. No. 52.

200. Warming, E. Smaa biologiske og morfologiske Bidrag. Bot. Tidsskrift. 3. Reihe. Bd. 2. 1877. S. 118—130.

201. — — Beobachtungen an Pflanzen mit überwinternden Laubblättern. Bot. Centralbl. Bd. 16. 1883. S. 350 f.

202. — — Biologiske Optegnelser om grönlandske Planter. Bot. Tidsskrift, 15. Bd. 1885; 16. Bd. 1886; 17. Bd. 1889.

203. — — Om Bygningen og den formodede Bestövingsmaade af nogle grönlandske Blomster. Oversigt over d. K. D. Vidensk. Selsk. Forhandl. 1886.

204. — — Om nogle arktiske vaexters biologi. Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Bd. 12. Afd. III. No. 2. 1886.

205. — — Plantesamfund. Grundträk af den ökologiske Plantegeografie. Kopenhagen, 1895. — Deutsche Übersetzung: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin, 1896. 2. Aufl. 1902.

206. — — Botaniske Exkursioner. Bot. Tidsskrift. 1890, 1891, 1894, 1897, 1902. Vidensk. Meddel. fra den naturh. Foren. i Kjöbenhavn. 1897.

207. — — Om Lövbladformer. Oversigt over d. K. D. Vidensk. Selsk. Forhandl. 1901.

208. Warnstorf, C. Blütenbiologische Beobachtungen aus der Ruppiner Flora im Jahre 1895. Verh. d. bot. Ver. der Prov. Brandenburg. 38. Jahrg. 1896. S. 15—63.

209. — — Blütenbiologische Beobachtungen bei Neu-Ruppin im Jahre 1896. Zeitschr. d. Naturw. Ver. des Harzes in Werningerode. 11. Jahrg. 1896. S. 9—20.

210. Wettstein, R. v. Über die Schutzmittel der Blüten geophiler Pflanzen. Abhandl. d. deutschen naturw.-med. Ver. f. Böhmen „Lotos". I. 1898.

211. Wichura, M. Über das Blühen, Keimen und Fruchttragen der einheimischen Bäume und Sträucher. Flora. Bd. 40. 1857.

212. Wiesner, J. Beobachtungen über den Einfluss der Erdschwere auf Grösse und Formverhältnisse der Blätter. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 58. 1868.

213. — — Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. Festschrift der k. k. zool.-botan. Ges. Wien, 1876.

214. — — Zur Erklärung der wechselnden Geschwindigkeit des Vegetationsrhythmus. Österr. Bot. Zeitg. 1889. S. 79—85.

215. — — Die Biologie der Pflanzen. Wien 1889. 2. Aufl. 1902.

216. — — Untersuchungen über den Einfluss der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. I. Die Anisomorphie der Pflanze. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 101. 1892. S. 657.

217. — — Über ombrophile und ombrophobe Pflanzenorgane. Daselbst, Bd. 102. 1893.

218. — — Über Trophien nebst Bemerkungen über Anisophyllie. Berichte d. D. Bot. Ges. Bd. 13. 1895. S. 481—495.

219. — — Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. I. II. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 102. 1893. S. 291—350. Bd. 104. 1895. S. 605—711.

220. — — Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanzen. nebst Beobachtungen und Bemerkungen über sekundäre Regenwirkungen. Annales du Jardin bot. de Buitenzorg. Bd. 14. 1897. S. 277—353.

221. — Über die Formen der Anpassung des Laubes an die Lichtstärke. Biolog. Centralbl. 1899, No. 1.

222. Wigand, A. Der Baum. Braunschweig, 1854.
223. Willis, J. C. and Burkill, J. H. Flowers and insects in Great Britain. Part I. Annals of Botany. Vol. 9. 1895.
224. Willkomm, M. Forstliche Flora von Deutschland und Österreich. 2. Aufl. Leipzig 1887.
225. Winkler, A. Über die Keimblätter der deutschen Dicotylen. Verhandl. des bot. Vereins der Prov. Brandenburg. Bd. XVI, 1874 u. Bd. XXVI, 1884.

Erklärung
der für die ökologischen Einrichtungen der Blütenpflanzen gebrauchten Kunstausdrücke.[1]

A (Müller) als Blumenklasse bedeutet Blumen mit völlig offen liegendem Nektar.

A B (Müller) als Blumenklasse bedeutet Blumen mit halb verborgenem Nektar.

Ablaufwinkel oder Abspreizwinkel: Der Winkel, den die Richtung eines Seitenorganes mit der des Mutterorganes bildet, z. B. der Neigungswinkel der Seitenachse zur Hauptachse.

Ableger (Kerner): Ein auf ungeschlechtliche Weise entstandenes neues Individuum, bezw. dessen Anfangsstadium (Spore, Brutknospe).

Acarodomatien (Lundström) = Milbenwohnungen: Von Milben bewohnte Domatien (siehe diese).

Acarophilie (Lundström): Anpassung von Pflanzen an das Zusammenleben mit Milben.

Adelphogamie (Loew!) = Geschwisterkreuzung: Die Bestäubung zwischen Blüten verschiedener, aber nahe verwandter Pflanzenstöcke derselben Species.

Adventive Bildungen (De Candolle) sind solche, welche aus Dauergewebe (nicht aus dem embryonalen Gewebe am Vegetationspunkte) hervorgehen. Bei einer weiteren Fassung des Begriffs (Goebel) werden alle Organe als „adventiv" bezeichnet, die an ungewöhnlichen Stellen entstehen: z. B. Knospen an Blättern, an Wurzeln etc., auch wenn sie schon früh angelegt werden.

Adventivkeimlinge (Strasburger) gehen nicht aus der Eizelle des Embryosackes, sondern aus Zellen des ihn umgebenden Nucellargewebes hervor.

Adverse Anpassung = Schutzmittel: Eine zum Schutz gegen schädliche Bedingungen und Organismen dienende Anpassung.

Adynamandrie (Delpino): 1. Physiologische Unwirksamkeit des Pollens auf die Narbe der eigenen Blüte bei übrigens normaler Beschaffenheit der Pollenkörner. 2. Funktionsunfähigkeit der männlichen Geschlechtsorgane überhaupt.

Adynamogynie (Loew!): Die Funktionslosigkeit der weiblichen Geschlechtsorgane in der Blüte.

Aëromorphosen (Herbst): Diejenigen Organisationsverhältnisse amphibischer Pflanzen, welche durch den Aufenthalt an der Luft hervorgerufen werden (z. B. Bildung von Spaltöffnungen, die an untergetauchten Organen fehlen).

Aërophyten siehe Epiphyten.

Agamandröcie (v. Uexküll): Vorkommen von geschlechtslosen, männlichen und zwitterigen Blüten auf demselben Individuum.

Agamogynöcie (v. Uexküll): Vorkommen geschlechtsloser und weiblicher Blüten in demselben Blütenkopf einer Komposite.

Agamogynomonöcie (v. Uexküll): Vorkommen von geschlechtslosen, weiblichen und zwitterigen Blüten auf demselben Individium.

Agamomonöcie (Errera und Gevaert): Vorkommen zwitteriger und geschlechtsloser Blüten auf demselben Pflanzenindividuum.

Agamotrop (Hansgirg) sind Blüten, deren Blütenhülle sich nach dem Auf-

[1] Die im vorliegenden Werk neu eingeführten Kunstausdrücke sind durch ein ! hinter dem Autornamen gekennzeichnet.

blühen nicht mehr schliesst, sondern bis zum Verblühen offen bleibt.

Aitiomorphose (Pfeffer) = Xenomorphose, aber nicht = Heteromorphose: Eine durch äussere Faktoren induzierte Gestaltung. Vgl. Mechanomorphose.

Akarpotropisch (Hansgirg) sind solche Blütenstiele und Stiele von Blütenständen, welche nach dem Blühen keine zur Ausstreuung der Samen in Beziehung stehende Krümmungsbewegungen ausführen.

Aktivitätshyperplasie (Küster): Eine durch stärkere Inanspruchnahme erzeugte, von Zellteilungen begleitete, abnorm reichliche Gewebeentwickelung, z. B. die Vermehrung der mechanischen Elemente infolge stärkerer mechanischer Beanspruchung.

Allogamie (Kerner) = Fremdbestäubung: Belegung einer Narbe durch Pollen, der aus einer andern Blüte derselben Pflanzenart stammt.

Allokarpie (Errera und Gevaert): Ausbildung von Frucht und Same infolge von Allogamie.

Allotrop (Loew): 1. Insektenblüten von niederer Anpassungsstufe; 2. die am wenigsten für das Blumenleben organisierten unter den Bestäubung vollziehenden Insekten (wie blumenuntüchtige Dipteren, kurzrüsselige Hymenopteren, Käfer).

Allotroph (Pfeffer) = heterotroph: Pflanzen, welche nicht im stande sind, Kohlensäure zu assimilieren.

Ameisenpflanze siehe Myrmekophyt.

Aminoid (Kerner) sind solche Düfte, welchen primäre, sekundäre oder tertiäre Amine (z. B. Trimethylamin) zu Grunde liegen.

Amphigam (Loew!) sind Pflanzen, die sich — je nach Umständen — bald auf exogamem, bald auf endogamem Wege befruchten.

Amphikarpie (Treviranus): Ausbildung von unterirdischen Früchten (aus kleistogamen Blüten) neben normalen oberirdischen, aus chasmogamen Blüten hervorgehenden.

Amphitroph (Wiesner): Organe, deren beide Seitenflanken in der Entwicklung begünstigt sind.

Anabionten (A. Braun): Dauerpflanzen, mehrmals blühend und fruchtend.

Analoge Organe sind Organe von ähnlicher Gestalt und Funktion bei verschiedenen Verwandschaftskreisen, die ihre Ähnlichkeit nicht der phylogenetischen Zusammengehörigkeit, sonden der gleichen Anpassung verdanken (z. B. fleischige Stengel der *Euphorbiaceen* und *Cactaceen*).

Androdiöcic (Darwin): Es sind bei derselben Pflanzenart männliche und zwitterige Blüten auf getrennten Individuen vorhanden.

Andröcie (v. Uexküll): Vorkommen rein männlicher Individuen bei einer Pflanzenart, ohne dass weibliche vorhanden sind.

Androgynie (Mannweibigkeit): 1. Das Auftreten männlicher Blüten an sonst weiblichen Blütenständen. 2. Das Hintereinanderauftreten erst von männlichen, dann von weiblichen Blüten an derselben Infloreseenz. — Ursprünglich bei Linné = Monoecie.

Androgyno diöcisch (Schröter) sind Pflanzen, die neben zwitterigen Exemplaren auch monöcische Individuen hervorbringen, die männliche und weibliche Blüten tragen.

Andromonöcie (Darwin): Vorhandensein männlicher Blüten neben Zwitterblüten auf demselben Pflanzenindividuum.

Andromorphosen (Schröter!): Durch die Reizwirkungen des Pollenschlauches hervorgerufene gestaltliche Veränderungen.

Anemochor (Ludwig) sind solche Verbreitungseinrichtungen, bei denen der Transport durch die Luftströmungen ausgeführt wird.

Anemogamae (Kirchner!) = Windblütler: Diejenigen Blütenpflanzen, bei denen die Übertragung von Pollen auf das weibliche Organ durch den Wind vollzogen wird.

Anemophilae siehe Anemogamae.

Anemophob (Hansgirg) = windfürchtend, wird von Einrichtungen zum Schutz gegen Schädigungen durch den Wind gebraucht, aber auch von Pflanzen, welche solche besitzen.

Anisomorphie (Wiesner): Jene Grundeigentümlichkeit der lebenden Pflanzensubstanz, der zufolge die verschiedenen Organe der Pflanze je nach ihrer Lage zum Horizont oder zur Abstammungsachse die Fähigkeit haben, verschiedene typische Formen anzunehmen.

Anisophyllie (Wiesner): Die Erscheinung, dass an plagiotropen Sprossen die oberseits gelegenen Blätter eine geringere Masse und ein geringeres Volumen besitzen, als die unteren, während die seitlichen Blätter ein mittleres Verhalten zeigen.

Man unterscheidet:

Laterale Anisophyllie: Nur die Seitensprossen radiärer isophyller Hauptsprosse sind anisophyll.

Habituelle Anisophyllie: Das ganze Sprosssystem ist anisophyll und die Ungleichblättrigkeit ist durch Erblichkeit so fixiert worden, dass sie sich durch künstliche Lagenveränderung nicht mehr beeinflussen lässt.

Gemeine Anisophyllie: Die Ungleichblättrigkeit wird durch die Lage des Sprosses zum Horizont in hohem Grade beeinflusst.

Anisostylie (Loew): Ausbildung kurz- und langgriffliger Blüten bei derselben Pflanzenart ohne Änderung der sexuellen Eigenschaften.

Anisotropie (Sachs): Die Tatsache, dass die verschiedenen Organe einer Pflanze unter der Einwirkung derselben äusseren Kräfte die mannigfaltigsten Richtungen annehmen. — Pfeffer dehnt den Begriff auf ungleiche Reaktionsfähigkeit im allgemeinen aus: anisotrope Organe reagieren auch auf diffuse Reize einseitig, isotrope (physiologisch radiäre) Organe nur auf einseitige Reize.

Ankerkletten (Huth): Klettfrüchte, deren ankerartige Fortsätze die Frucht im Schlamm befestigen.

Anthesis (Bischoff): Die Entwickelung der Blütenorgane vom Ende des Knospenzustandes bis zum Eintritt des Verblühens.

Antibiose (Vuillemin): Eine Beziehung zwischen zwei lebenden Wesen, bei der das eine auf das andere eine zerstörende Wirkung ausübt.

Aphotometrisch (Wiesner) = lichtvag, ist ein Organ, das keine festen Beziehungen zum Lichteinfall zeigt.

Aphyllen (Schimper) = Blattlose, sind solche Pflanzen, welche rudimentäre oder gar keine Blätter besitzen.

Apogamie (De Bary) = Zeugungsverlust: Verlust der geschlechtlichen Fortpflanzung und Ersatz derselben durch einen andern Vermehrungsprozess.

Arbeitender Laubspross (Koehne): Der Laubspross, der assimilierende Blätter trägt (= Mittelblattstamm Kerners).

Archikleistogam (Knuth emend. Loew) sind dauernd geschlossen bleibende Blüten, deren Organe im Vergleich zu den offenen Blüten eine beträchtliche Verkleinerung und Reduktion zeigen.

Asymmetrisch ist ein Organ, welches durch keine einzige Ebene in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt werden kann.

Asyngamie (Kerner): Das ungleichzeitige Aufblühen verschiedener Individuen derselben Pflanzenart.

Atemwurzeln siehe Pneumatophoren.

Aussäungseinrichtungen: Einrichtungen, welche die Verbringung der Samen von der Mutterpflanze aus an einen für die Keimung geeigneten Ort ermöglichen; sie lassen sich meistens in Ausstreuvorrichtungen und Verbreitungsmittel unterscheiden.

Ausstreuvorrichtungen (Vogler): Einrichtungen an der Mutterpflanze zur Ablösung der Samen oder Früchte.

Autochor (Kirchner!) sind solche Verbreitungseinheiten, deren Transport durch Eigenbewegungen erfolgt.

Autogamie (Delpino) = Selbstbestäubung: Belegung einer Narbe durch Pollen, welcher aus derselben Zwitterblüte stammt. Die Autogamie wird spontan oder direkt genannt, wenn sie ohne fremde Hilfe zustande kommt, indirekt, wenn sie durch äussere Agentien veranlasst wird.

Autogene Reize (Pfeffer): Die inneren Faktoren, welche die Gestaltung bedingen.

Autogenetisch (Körnicke) heisst die Befruchtung infolge der Bestäubung des weiblichen Organes mit Pollen von demselben, oder doch aus demselben Samen abstammenden Individuum.

Autokarpie (Errera und Gevaert): Ausbildung von Frucht und Same infolge von Autogamie.

Autonom (Kirchner!) sind solche Sprosse, welche selbständig sich in eine für ihre Ernährung günstige Stellung bringen und darin erhalten.

Autotroph 1. (Pfeffer): Solche Pflanzen, welche sich lediglich von unorganischen Nährstoffen ernähren (= Autophyten, Warming). 2. (Frank) Saprophyten, welche mit eigenen Ernährungsorganen organische Nahrung aufnehmen.

Auxese (Weisse): Durch die Lage zum Muttersspross bedingte einseitige Förderung der Seitenorgane eines Zweiges, z. B. Ektauxese, Endauxese, Heterauxese. Die verwandten Ausdrücke Wiesner's, Ektotrophie und Endotrophie, sagen dagegen schon etwas über den Einfluss der Ernährung aus. Pfeffer beschränkt den Wiesner'schen Begriff der „Trophien“ auf einseitige Verdickung eines dorsiventralen Organes und behält den Ausdruck „Auxese“ für die Förderung seitlicher Organe eines Seitenastes bei.

Auxoblast (Kirchner!) = Vermehrungsspross: Solche Sprosse, welche der vegetativen Vermehrung dienen.

B (Müller) als Blumenklasse bedeutet Blumen mit völlig geborgenem Nektar, aber noch ohne bestimmte Anpassung an einen besonderen Besucherkreis.

B' (Müller) als Blumenklasse bedeutet Blumengesellschaften mit völliger Nektarbergung.

Ballisten (Kerner): Früchte, welche, ohne einen selbsttätigen Ausschleuderungsmechanismus zu besitzen, infolge eines äusseren Anstosses die Samen auf einige Entfernung hin auswerfen.

Barymorphose (Sachs): Ein durch die Schwerkraft als auslösenden Reiz veranlasstes Organisationsverhältnis.

Bastard: Auf geschlechtlichem Wege erzeugte Pflanzenform, deren Eltern verschiedenen Arten angehören.

Bauchsammler (Müller): Langrüsselige Bienen, bei denen die Unterseite des weiblichen Hinterleibes eine dichte Bürste starrer, etwas nach hinten gerichteter Borstenhaare trägt; in dieser Bauchbürste sammelt sich beim Besuch geeigneter Blüten der Pollen an.

Beköstigungsantheren (Müller): Abweichend gebildete Staubbeutel, deren Pollen nicht zur Bestäubung dient, sondern den Besuchern preisgegeben wird, im Gegensatz zu Befruchtungsantheren.

Benzoloid (Kerner) sind solche Düfte, welche sich von Körpern der aromatischen Reihe ableiten.

Bereicherungssprosse (A. Braun) teilen sich in die gleiche Arbeit unter sich und mit ihrer Abstammungsachse, vermehren also nur die Anzahl der vorhandenen Blätter, Blüten und Früchte.

Bienenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Bienen angepasst sind.

Bilateral 1. (Sachs): Ein Organ, das nur in zwei aufeinander senkrechten Richtungen in je zwei spiegelbildlich gleiche Hälften zerlegt werden kann. Ein bilateral symmetrisches Organ hat eine vordere und hintere, eine rechte und linke unter sich jeweils spiegelbildlich gleiche Seite. 2. (Frank): Derjenige Zustand eines flächenförmigen Organes oder Organismus, wo derselbe zwei verschieden gebaute Seiten unterscheiden lässt (Flechtenthallus ohne Symmetrie, Laubblatt mit Symmetrie).

Binsenblätter (Hansgirg): Ungeteilte, sitzende, ganzrandige, stielrunde, fadenoder pfriemenförmige, von grossen Intercellularräumen durchzogene Blätter von Wasser- und Sumpfpflanzen.

Biversale Anpassung: Eine Einrichtung, die gleichzeitig als Schutzmittel gegen schädigende und als Ausnützungsmittel nützlicher Bedingungen dient.

Blasenflieger (Dingler): Anemochore

Früchte oder Samen von annähernd kugeliger Gestalt, welche wegen ihres Gehaltes an luftgefüllten Hohlräumen ein geringes spezifisches Gewicht besitzen, und bei ruhiger Luft geradlinig senkrecht fallen.

Blattkletterer sind Rankenpflanzen, bei welchen einzelne Teile des normalen Blattes reizbar sind und die Funktionen von Ranken haben.

Blattmosaik (Kerner): Die Anordnung der Blätter eines Sprosssystems im Sinne einer möglichst geringen gegenseitigen Beschattung.

Blattranker (Schenck) sind Kletterpflanzen mit fadenförmigen ausschliesslich der Befestigung dienenden Blattorganen.

Blattstecklinge sind aus Adventivsprossen auf Blättern hervorgegangene neue Pflanzen (z. B. an den abgelösten unteren Blättern von *Nasturtium lacustre*).

Blattsucculenten siehe Chylophyllen.

Blendarten (Focke): Samenbeständige Rassen, die aus Bastarden hervorgegangen sind.

Blendling (C. Koch): Das Mischlingsprodukt von Pflanzenvarietäten im Gegensatz zu Artbastarden.

Blumengesellschaften (Müller): Blütenstände, die aus kleinen, dicht beisammenstehenden Insektenblüten mit vollständiger Nektarbergung bestehen.

Bodenhold (Unger) sind Pflanzen, welche eine Vorliebe für gewisse Böden haben, ohne ausschliesslich auf dieselben angewiesen zu sein.

Bodenläufer (Sernander): Losgerissene, mit Früchten und Samen besetzte Sprosse oder Sprosssysteme, welche von Stürmen umhergetrieben werden.

Bodenstet (Unger) sind solche Pflanzen, welche ausschliesslich auf bestimmten Boden vorkommen, z. B. auf kalkreichen Boden (kalkstet).

Bodenvag (Unger) sind Pflanzen, welche keine bestimmten Ansprüche an die Eigenschaften des Bodens stellen, auf allen möglichen Bodenarten vorkommen.

Bogenblätter (Kerner): Lange schmale Blätter, welche einen nach oben konvexen Bogen bilden als Schutz gegen Regen und Wind und zur besseren Ausnützung des Lichtes.

Bohrkletten (Huth): Klettfrüchte, welche sich selbst in den Boden eingraben.

Brennblätter (Hansgirg): Mit Brennhaaren besetzte Blätter zoophober Pflanzen.

Brutknolle (Bischoff) ist ein mit verdickter speichernder Achse versehener, sich ablösender und der Vermehrung dienender Spross.

Brutzwiebel (Bischoff) ist ein mit zahlreichen speichernden Niederblättern versehener, durch Ablösung zur Vermehrung dienender Spross.

Büsche (Krause) = Virgultae: Dauerpflanzen (mehrmals blühende Pflanzen, ausdauernde oder perennierende Gewächse), bei denen Langtriebe zwar zu allen Jahreszeiten vorhanden sind, meist mehr als einjährige Dauer besitzen, aber hapaxanth sind (*Rubus*).

Cardinalgrade pflanzlicher Funktionen sind: 1. Die tiefste Temperatur, bei welcher eine bestimmte Funktion noch stattfindet, = unterer Nullpunkt, 2. diejenige Temperatur, bei welcher die betreffende Funktion ihre höchste Intensität erreicht (Optimum), 3. die höchste Temperatur, bei welcher sie noch stattfindet (oberer Nullpunkt).

Cauliflorie (Schimper): Das Hervortreten der Blüten aus älteren Holzteilen.

Centrifugale Wasserableitung (Kerner) ist die Leitung des auf die Pflanze fallenden Regenwassers nach der Peripherie der Pflanze, infolge der nach aussen hin abschüssigen Stellung der Blattflächen.

Centripetale Wasserableitung (Kerner) haben solche Pflanzen, bei welchen infolge der Stellung von Blättern und Zweigen das auffallende Regenwasser vorzugsweise dem Stamm zugeleitet wird und demselben entlang abwärts fliesst.

Chalazogamen (Treub): Blütenpflanzen (Siphonogamen), deren Pollenschlauch nach der Bestäubung nicht

auf dem gewöhnlichen Wege durch die Mikropyle der Samenanlage, sondern vom Chalazaende her zur Eizelle vordringt.

Chasmanther (Ascherson) sind solche kleistogame Blüten, deren Antheren sich öffnen und den Pollen austreten lassen.

Chasmogam (Axell) sind Blüten, in denen die Bestäubung bei geöffneten Blütenhüllen eintreten kann.

Chasmopetalie (Loew!): Das andauernde Geöffnetsein der Blütendecken im Gegensatz zu Kleistopetalie.

Chasmophyten (Schimper): Diejenigen Bestandteile der Felsflora, welche die Spalten bewohnen.

Chemomorphose (Herbst): Ein durch die Reizwirkung einer chemischen Substanz („Wuchsenzym") ausgelöster Gestaltungsvorgang, z. B. viele Gallenbildungen.

Chionophob (Hansgirg) = schneefürchtend, wird von Eigenschaften und Erscheinungen (z. B. Bewegungen) gebraucht, welche als Schutzmittel gegen Schädigungen durch Schnee aufgefasst werden.

Chylokaulen (Schimper) = Stammsucculenten, sind xerophytische Aphyllen mit fleischigem Stengel.

Chyllophyllen (Schimper) = Blattsucculenten, sind xerophytische Pflanzen mit fleischigen Blättern.

Commensalismus (Warming) ist das Verhältnis zwischen Pflanzenarten, welche den Nahrungsvorrat in Luft und Boden, oder in Wasser und Boden, oder in Wasser, Boden und Luft miteinander teilen; also die freieste, loseste Form des Zusammenlebens.

Compasspflanzen (Stahl) sind Xerophyten, welche durch Meridianstellung der Blätter eine Herabminderung der Erwärmung und damit der Transpiration erreichen.

Cönomonöcie (Kirchner) siehe Trimonöcie.

Converse Anpassung = Nutzmittel: Eine zur Ausnützung bestimmter Bedingungen dienende Einrichtung.

D (Müller) als Blumenklasse bedeutet Dipterenblumen, siehe diese.

Dauerpflanzen siehe Anabionten.

Dauerstauden (Krause) = Dietesiae, ♃: sind solche Gewächse mit perennierenden oberirdischen Organen, bei denen nur Kurztriebe perennieren, während die Langtriebe fehlen oder kurzlebig und hapaxanth sind (z. B. *Viola silvatica*).

Dehnsprosse (Koehne) = Langtriebe, Kraftsprosse, Kraftzweige: haben verlängerte Glieder, auseinandergerückte Blätter und unbegrenztes Wachstum.

Deperulation (Masters) = Entschuppung: Der Vorgang des Austreibens der Knospen, des Abwerfens der Knospenschuppen. Calyptrale D. ist diejenige Form des Austreibens bei Coniferen, wo die Knospenschuppen mitraartig abgeworfen werden; tubuläre die, wo die Schuppen am Grunde des Triebes als kurze Röhre stehen bleiben.

Dichogamie (Sprengel): Ungleichzeitiges Reifwerden der beiderlei Geschlechtsorgane in einer Zwitterblüte. (Bei Delpino = Allogamie.)

Dichotypie (Focke): Das Auftreten von zwei oder mehreren ungleichen Bildungstypen des nämlichen Organes auf ein und demselben Stock.

Dickblatt (Kerner): Ein fleischiges (succulentes), an Trockenheit angepasstes Blatt, wie sie bei den Chylophyllen vorkommen.

Dicyklisch (Warming): Ein Spross, welcher im zweiten Jahre seines Lebens blühbar wird.

Dietesiae siehe Dauerstauden.

Dimorphismus (Darwin): Vorhandensein zweier verschiedener heterostyler Blütenformen bei derselben Pflanzenart.

Dipterenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Dipteren angepasst sind.

Disjuncte Symbiose (Pfeffer): Das auf Gegenseitigkeit beruhende Wechselverhältnis zweier nicht miteinander verketteter Organismen, z. B. von Blumen und Insekten oder Pflanzen und Ameisen, zwischen den zwei Mikroben einer Mischinfektion etc.

Distelblätter (Hansgirg): Durch Dornen oder Stacheln gegen Tierfrass geschützte Blätter.

Domatien (Lundström): Bestimmt gestaltete Höhlungen oder andere Gestaltungen an Pflanzenorganen, welche regelmässig von Insekten und anderen kleinen Tieren bewohnt werden, die der Pflanze irgend einen Nutzen bringen.

Doppelbestäubung (Kölreuter) = gemischte Bestäubung: Die gleichzeitige Belegung der Narbe mit zweierlei Pollensorten.

Doppelte Befruchtung (Guignard): Die neben der normalen Sexualkernpaarung eintretende Verschmelzung des zweiten männlichen Kerns mit dem Embryosackkern.

Dorsiventral (Sachs) gebaut ist ein Organ, das nur durch eine einzige Ebene symmetrisch halbiert werden kann, das also gleichsam eine Rücken- und eine Bauchfläche besitzt. — Goebel gebraucht diese Bezeichnung als Synonym von zygomorph auch für Blüten.

Drüsenblätter (Hansgirg): Mit Schleim oder andere klebrige Exkrete aussondernden Drüsenhaaren oder Drüsenzotten besetzte Blätter.

Düngerzeiger (Stebler und Schröter): Pflanze, welche durch animalische Düngung in ihrem Wachstum begünstigt wird. und andere vertreibt.

Dystrop (Loew): Blüten besuchende Insekten mit einer auf Zerstörung von Pflanzen berechneten Körperorganisation (wie Ameisen), welche als Bestäuber nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen.

Edaphisch (Schimper): Den Boden betreffend; z. B. „edaphische Faktoren" = Einflüsse der Bodenbeschaffenheit.

Edaphophyten (Schröter!) siehe Euphyten.

Einachsig siehe Sprossverkettung.

Eintagsblüten (Kerner) siehe ephemer 2.

Ekelblumen (Müller): Dipterenblumen von trüber Färbung und urinösem oder Aasgeruch.

Ektauxese (Weisse): Die durch die Lage zum Muttersspross bedingte Förderung der an der Aussenseite eines Zweiges stehenden Organe.

Ektoparasit = Aussenschmarotzer: Diejenigen Schmarotzer, welche nur mit einem Teil ihrer Organe in das Innere des Wirtes eindringen (Epiphytische Parasiten, De Bary).

Ektotroph (Frank) heissen solche Mykorrhizen, welche aussen von einem Pilzmantel umhüllt sind.

Emers (Bischoff) = auftauchend: Organe von Wasser- und Sumpfpflanzen, die über dem Wasserspiegel vegetieren.

Enantiostyl (Todd) sind Blüten, in denen die Griffel bald rechts, bald links von der Blütenachse hervorstehen, während die Staubblätter die entgegengesetzte Stellung besitzen.

Endogamie (Loew!): Ein Befruchtungsakt, bei dem die kopulierenden Sexualkerne ihrem Ursprunge nach aus derselben Kernpaarung oder aus zwei nahezu gleichwertigen Kernpaarungen durch vegetative Weiterteilung hervorgegangen sind.

Endoparasit = Innenschmarotzer: Vollständig im Innern seines Wirtes lebender Schmarotzer (Endophytischer Parasit, De Bary).

Endotroph: 1. (Wiesner): seitliches Organ, welches seine der Mutterachse zugekehrte innere Seite stärker ausbildet; 2. (Frank): solche Mykorrhizen, bei denen die Pilzfäden das Innere der oberflächlichen Zellgewebe bewohnen.

Endozoisch (Sernander) sind solche zoochore Verbreitungseinheiten, welche von pflanzenfressenden Tieren verschlungen und mit den Exkrementen wieder abgesetzt werden.

Entomogamae (Kirchner!) = Insektenblütler: Diejenigen Blütenpflanzen, bei denen die Übertragung von Pollen auf die Narbe durch Insekten vollzogen wird.

Entomophilae siehe Entomogamae.

Epharmose (Diels) = Epharmonie (Vesque): Die gesamte Anpassung einer Pflanze, die Harmonie zwischen ihrem Bau und den äusseren Bedingungen.

Ephemer: 1. Solche Pflanzen, welche in einer und derselben Vegetationsperiode mehrmals Früchte hervorbringen; 2. (Hansgirg): Blüten, welche nach einmaligem Aufgehen sich schliessen und verwelken.

Epiklin (Kirchner!) sind solche Sprosse, welche zur Erlangung und Beibehaltung einer für ihre Ernährung günstigen Lage einer Stütze oder eines ähnlichen fremden Haltes bedürfen.

Epinastie (Sachs): Gefördertes Längenwachstum der Oberseite eines Organes. — Pfeffer beschränkt den Begriff der „Nastien" auf die durch allseitige Reize, also vermöge der physiologischen Dorsiventralität erzeugten Krümmungen, während die durch einseitige Reize verursachten Krümmungen als „Tropismen" (Geotropismus etc.) bezeichnet werden.

Epiphyten: Autotrophe Pflanzen, welche sich mit ihrem ganzen Körper oberhalb des Bodens befinden, auf andern Pflanzen haften.

Epiphytoid (Johow): Diejenigen phanerogamen Schmarotzerpflanzen, welche sehr wahrscheinlich von autotrophen Epiphyten abstammen (z. B. Viscum).

Epitroph (Wiesner) ist ein dorsiventrales Organ, das auf der Oberseite stärker entwickelt ist. Vgl. Auxese.

Epizoisch (Sernander): Zoochore Verbreitungseinheiten, welche sich an vorüberkommende Tiere anheften und von diesen unabsichtlich längere oder kürzere Strecken transportiert werden.

Erdhölzer (Willkomm): Niederliegende Kleinsträucher und Halbsträucher, deren Stämme teilweise unter dem Boden oder der Bodendecke verborgen sind. Drude schliesst dieselben (z. B. *Dryas octopetala*, *Linnaea borealis*) von den Holzpflanzen aus und rechnet sie zu seinen „Holzstauden".

Erdstauden (Drude): Redivive Stauden, welche eine als solche perennierende Grundachse haben und Kraftknospen entwickeln.

Erhaltungssprosse (A. Braun): Sprosse, welche oft mit Baustoffspeichern ausgerüstet, die Erhaltung des Individuums über Kälte- oder Trockenperioden bezwecken (Knospen, Zwiebeln, Knollen etc.).

Erstarkungssprosse (A. Braun) sind die dem blütentragenden Spross voraufgehenden, allmählich kräftiger werdenden, notwendigen Sprosse. Sie führen direkt vom Keimspross zum Blütenspross.

Etesiae siehe Zeitstauden.

Euephemer (Hansgirg) sind ephemere Blüten, welche im Laufe von 24 Stunden sich öffnen und wieder schliessen.

Euphotometrische Organe (Wiesner) treiben die grösste Lichtökonomie: euphotometrische Blätter z. B. stellen sich so, dass sie genau senkrecht zum stärksten diffusen Licht des ihnen zugewiesenen Lichtareals stehen.

Euphyten (Johow): Pflanzen, deren Wurzeln im Boden und deren Assimilationsorgane an der Luft sich befinden, also gewissermassen die Normalpflanzen.

Euphytoid (Johow) sind solche phanerogame Schmarotzerpflanzen, welche aus autotrophen Bodenpflanzen sich entwickelt haben (z. B. *Orobanche*, *Rhinanthaceen* etc.).

Eutrop (Loew): 1. Insektenblüten mit ausgeprägten Anpassungen an bestimmte Besucherkreise, namentlich an Bienen und Hummeln; 2. die diesen Blüten speziell angepassten Besucher unter den Insekten (wie langrüsselige Apiden und manche Falter).

Exogamie (Loew!): Ein Befruchtungsakt, bei dem die sich vereinigenden Sexualkerne aus zwei ungleichwertigen Kernpaarungen zwischen entfernter verwandten Gametophyten durch Weiterteilung hervorgegangen sind.

Exotrophie (Wiesner): Die Förderung der äusseren Glieder eines Seitenorgans gegenüber den inneren; äussere Glieder sind die von der Mutterachse abgekehrten. Vgl. Ektauxese.

Extrafloral: Ausserhalb der Blüte befindlich, z. B. Nektarien, Schauapparate.

Extranuptial (Delpino) sind solche Nektarien, deren Sekret in keiner Beziehung zu Bestäubungsvorgängen steht.

F (Müller) als Blumenklasse bedeutet Falterblumen, siehe diese.

Fadenranker (Schenck): Kletterpflanzen mit Achsenranken, die dünn, fadenförmig sind und durch Umwand-

lung von Infloreszenzachsen entstanden sind.

F a l t e r b l u m e n (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Schmetterlinge angepasst sind.

F ä u l n i s b e w o h n e r siehe Saprophyten.

F e t t b ä u m e (Russow) sind solche Bäume, bei welchen am Beginn des Winters die gesamte Stärke der Rinde und des Holzes in Fett umgewandelt wird.

F i x e L i c h t l a g e (Wiesner): Die ganz bestimmte, dauernde Richtung eines Organes, besonders eines Laubblattes, zum einfallenden Licht.

F l a c h b l ä t t e r (Kerner): Blätter mit flachen ausgebreiteten dünnen Spreiten, besonders an Pflanzen schattiger Wälder auftretend.

F l a c h s p r o s s g e w ä c h s e (Kerner): Xerophytische Pflanzen mit blattartig verbreiterten und vertikal stehenden Sprossen.

F l e i s c h f r e s s e n d e P f l a n z e n (Pfeffer) sind solche, welche mit gewissen Organen kleine Tiere, besonders Insekten, anlocken und festhalten, um sie nach ihrem Tode teilweise aufzulösen und die gelösten Substanzen in sich aufzunehmen.

F l i e g e n b l u m e n (Müller) siehe Dipterenblumen.

F l o t t i e r e n d (Sernander) sind solche hydrochore Verbreitungseinheiten, welche auf im Wasser schwimmenden Gegenständen liegend oder an ihnen zeitweise befestigt umhertreiben.

F l u g f r ü c h t l e r (Kronfeld): Pflanzen, deren Samen oder Früchte durch die Ausbildung von dünnen (flügel- oder haarartigen) Anhängen geeignet sind, von Luftzügen gefasst und forttransportiert zu werden.

F o l g e b l ä t t e r (Goebel) = Metaphylle, sind die an der reifen Folgeform auftretenden Blätter, im Gegensatz zu den Jugendblättern (Protophyllen).

F o l g e f o r m (Goebel) ist das auf die Jugendform folgende Entwicklungsstadium der Pflanzen.

F o r m a t i v e r R e i z (Virchow): Eine auslösende Einwirkung eines äusseren Faktors (Licht, Schwerkraft etc.), welche auf die Organgestaltung von Einfluss ist, qualitativ neue Gestaltungsvorgänge einleitet. — Küster stellt neuerdings diesem formativen oder morphogenetischen Reiz den „rectipetiven“ Reiz gegenüber, der „die Fortführung bereits im Gang befindlicher Bildungsprozesse“ veranlasst.

F r e m d b e s t ä u b u n g siehe Allogamie.

F r u c h t u n g s v e r m ö g e n (Gaertner): Die Fähigkeit, Früchte und (embryolose) Samen ohne vorausgegangene Bestäubung oder auch bei Bestäubung mit fremdartigem Pollen, aus den weiblichen Blütenorganen zu bilden.

F u n g o i d (Johow) sind diejenigen phanerogamen Schmarotzer, deren autotrophe Muttergruppe unbekannt ist, und die sich durch pilzähnlichen Habitus auszeichnen (z. B. *Cytinus*).

G a m e t o p h y t (Mac Millan): Die aus der Makrospore (= Embryosack) und der Mikrospore (= Pollenzelle) hervorgehende, geschlechtliche Generation der höheren Pflanzen, welche die bei der Befruchtung zusammentretenden Sexualkerne erzeugt.

G a m o t r o p (Hansgirg) sind Bewegungen von Pflanzenteilen, die mit dem Schutz der Geschlechtsorgane und mit der Herbeiführung der Bestäubung in Zusammenhang stehen.

G e i t o n o g a m i e (Kerner) = Nachbarbestäubung: Belegung einer Narbe durch Pollen, welcher aus einer anderen Blüte desselben Pflanzenindividuums abstammt.

G e i t o n o k a r p i e (Errera und Gevaert): Ausbildung von Frucht und Same infolge von Geitonogamie.

G e o b l a s t (Kirchner!): Unterirdisch lebender Spross = geophiler Spross.

G e o k a r p i e (Treviranus): Unterirdisches Ausreifen von Früchten, welche sich aus einer oberirdisch entwickelten (chasmogamen) Blüte gebildet haben.

G e o p h i l (Areschoug): Unterirdisch lebend. Geophile Pflanzen (die eindeutiger G e o p h y t e n genannt werden können) sind solche, welche ihre Erneuerungsknospen unter der Erdoberfläche anlegen, und deren Lichtsprosse also ihre Entwickelung mehr oder weniger unter der Erde durchmachen.

Geschlechterspaltung (Loew!): Bei Zwitterblüten das Auftreten von Sexualformen, die ohne Verkümmerung des einen oder anderen Geschlechts trotzdem die Blüten physiologisch in verschiedenem Grade eingeschlechtig machen, wie Dichogamie, Herkogamie, Heterostylie u. a.

Geschlechterumschlag (Ludwig): Der Wechsel des Geschlechts bei eingeschlechtigen Pflanzen oder Blütenständen.

Gnesiogamie (Loew!): Echte Kreuzung mit frischem Stamm zwischen entfernter verwandten Pflanzen der nämlichen Art; sie hat exogame Befruchtung zur Folge.

Gynandrie (Weibmännigkeit): 1. Das Auftreten weiblicher Blüten an sonst männlichen Blütenständen; 2. das Hintereinanderauftreten erst von weiblichen, dann von männlichen Blüten; 3. die Verwachsung von weiblichen und männlichen Geschlechtsorganen.

Gynodimorphismus (Ludwig): Auftreten von Individuen mit kleineren weiblichen Blüten bei gynodiöcischen Pflanzen.

Gynodiöcie (Darwin): Vorhandensein weiblicher und zwitteriger Blüten auf getrennten Individuen derselben Pflanzenart.

Gynöcie (v. Uexküll): Vorkommen rein weiblicher Individuen bei einer Pflanzenart, ohne dass männliche vorhanden sind.

Gynomonöcie (Darwin): Vorhandensein weiblicher Blüten neben Zwitterblüten auf demselben Pflanzenindividuum.

H (Müller) als Blumenklasse bedeutet Hymenopteren-Blumen, siehe diese.

Haarflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte, welche ein durch eine körnchenförmige Last in der Mitte belastetes einfaches Haar darstellen.

Hakenklimmer (Schenck): Kletterpflanzen mit kurzen, hakenförmig gebogenen, später sich verdickenden reizbaren Kletterorganen (Infloreszenzstielen, Dornen).

Halbschmarotzer siehe Hemiparasit.

Halbsträucher (Warming) = Suffrutices: Solche niedrige Pflanzen, deren Zweige normal in grösserer oder geringerer Ausdehnung absterben, entweder weil das Holz nicht in der ganzen Länge des Jahressprosses reif wird, oder weil die Laubsprosse, die von wandernden, wurzelschlagenden Grundachsen ausgehen, normal nach Verlauf einer gewissen Zahl von Jahren absterben (*Rubus Idaeus, Vaccinium Myrtillus*).

Halophyten (Schimper) = Salzpflanzen, können einen hohen Prozentsatz von Salzgehalt im Boden ertragen, zeigen meist xerophytische Anpassungen.

Hapaxanth (A. Braun): Nur einmal blühend und fruchtend und zwar:

- ⊙ Einjährige Sommerpflanze, Keimung und Fruchten im gleichen Sommer.
- ⊙ Einjährige Winterpflanze: Keimung im Herbst, Fruchten im nächsten Sommer.
- ⊙⊙ Zweijährige Pflanze: Keimung im Frühjahr, Fruchten im folgenden Jahr.
- ⊙-⊙ Erst nach einer mehrjährigen Erstarkungsperiode blühend (*Orobanche*, manche Palmen, *Bambusen*).

Haustorien (Bischoff) nennt man die in die Wirtspflanze eindringenden Saugorgane der Schmarotzer.

Hekistothermen (A. De Candolle) ertragen eine Mitteltemperatur des Jahres unter 0°, sie wachsen jenseits der Grenze des Baumwuchses im hohen Norden und in den Gebirgen.

Heliophil (Warming) nennt man ein Organ, das einem starken Belichtungsgrad angepasst ist (heliophiles Blatt = Sonnenblatt).

Heliophob (Warming) nennt man ein Organ, das einem geringen Belichtungsgrad angepasst ist (heliophobes Blatt = Schattenblatt).

Helophyten (Warming) = Sumpfpflanzen: Untere Teile im Süsswasser oder nassen Boden, obere an das Luftleben angepasst.

Helotismus (Warming): Das Verhältnis von Alge und Pilz bei den Flechten.

Die Gegenseitigkeit ist nicht gleich, denn der Pilz kann ohne die Alge nicht leben, die Alge aber wohl, vielleicht sogar normaler. Vom gewöhnlichen Parasitismus unterscheidet sich dieser Fall nur dadurch, dass der Parasit den Wirt in seinen Körper aufnimmt und für einen Teil von dessen Nahrung sorgt.

Hemikleistogamie (Ascherson): Ein Zwischenzustand zwischen Kleisto- und Chasmogamie, z. B. bei *Juncus bufonius*.

Hemiorthomorph (Wiesner) sind symmetrisch gebaute Organe, welche eine vertikale Symmetrieebene besitzen (geradständige Blätter).

Hemiorthotrop (Wiesner): Jedes symmetrische Organ, welches in seiner natürlichen Richtung eine vertikale Symmetrieebene besitzt (z. B. grundständige Blätter).

Hemiparasit (Warming) = Halbschmarotzer: Eine Pflanze, welche ihre Nahrung nur teilweise aus einem lebenden „Wirt“ bezieht.

Hemisaprophyt (Warming): Eine Pflanze, welche neben selbständiger Ernährung durch Photosynthese noch sich zersetzende organische Materien aufnimmt.

Hemitrop (Loew): 1. Insektenblüten von einer Anpassungsstufe, welche die Mitte zwischen eutropen und allotropen Blüten hält; 2. Insekten von mittlerer Anpassung an den Blumenbesuch, besonders an die Nektargewinnung (wie blumentüchtige Dipteren, kurzrüsselige Bienen, die meisten Falter).

Hemmungsbildung siehe Hypoplasie.

Herkogamie (Axell): Unmöglichkeit des Eintrittes von spontaner Selbstbestäubung in einer Zwitterblüte infolge der gegenseitigen Stellung der beiderlei Geschlechtsorgane.

Hermaphroditae (Linné) = Zwitterblütige: Pflanzen, in deren sämtlichen Blüten männliche und weibliche Geschlechtsorgane vorhanden sind.

Heterantherie (Müller): Auftreten von Staubblättern ungleicher Ausbildung und Funktion innerhalb derselben Blüte oder auf verschiedenen Individuen derselben Art.

Heteroblastisch (Goebel) ist die Entwicklung einer Pflanze, wenn Jugendform und Folgeform von einander abweichen.

Heterodichogamie (Errera und Gevaert): Vorkommen metandrischer und metagynischer Individuen bei derselben Pflanzenart.

Heterogenetisch (Körnicke) heisst die Befruchtung infolge der Bestäubung des weiblichen Organes mit Pollen von einem andern, aus einem andern Samen hervorgegangenen Individuum derselben Art.

Heterokarpie (Lundström): Ausbildung verschieden gebauter und mit verschiedenen Verbreitungsausrüstungen versehener Früchte bei derselben Art, oft innerhalb desselben Fruchtstandes.

Heteromerikarpie (Delpino): Heterokarpie, welche zwischen verschiedenen Teilfrüchten einer und derselben Frucht auftritt.

Heteromorphose (Pfeffer): Ursprünglich = Xenomorphose, neuerdings von Zoologen für Ersatzneubildungen an ungewöhnlichen Orten oder in ungewöhnlicher Form gebraucht.

Heterophyllie (Goebel): Vorkommen von zweierlei Laubblättern mit verschiedenartiger Ausrüstung bei der Dauerform derselben Pflanzenart.

Heterostylie (Hildebrand): Verschiedenes Längenverhältnis des Griffels zu den Staubblättern an verschiedenen Individuen derselben Pflanzenart bei gleichzeitiger physiologischer Verschiedenheit der ungleichen Blütenformen.

Heterotroph 1. (Pfeffer): Pflanzen, welche nicht im stande sind, Kohlensäure zu assimilieren; 2. (Frank): Humusbewohner, deren Wurzeln als ektotrophe Mykorrhizen entwickelt sind; 3. (Wiesner): Organe, welche auf einer Seite stärker entwickelt sind als auf der andern.

Hibernacula (Linné) = Turiones werden die sich ablösenden Winterknospen der Wassergewächse genannt.

Holoparasit (Warming) = Ganzschmarotzer: Eine Pflanze, welche ihre Nahrung ausschliesslich aus einem lebenden Wirt bezieht.

Holosaprophytisch (Warming): Ausschliesslich von in Zersetzung begriffenen organischen Stoffen sich ernährend.

Holzstauden (Drude) = Halbsträucher z. T.: Niedrige Gewächse mit kurzlebigen, blühenden Trieben und in die Dicke wachsenden holzigen Grundachsen, welche für die Erneuerung der 1- bis 2jährigen Blütentriebe sorgen (*Thymus Serpyllum*, *Helianthemum*, *Lavandula*).

Homoblastisch (Goebel) ist die Entwicklung einer Pflanze dann, wenn Jugendform und Folgeform identisch sind, oder ganz unmerklich in einander übergehen.

Homodichogamie (Errera und Gevaert): Das gleichzeitige Vorkommen homogamer und dichogamer Blüten bei derselben Pflanzenart.

Homogamie (Sprengel): Gleichzeitige Entwickelung der beiderlei Geschlechtsorgane in einer Zwitterblüte.

Homoheterostylie (Warming): Das Vorkommen gleichgriffeliger und ungleichgriffeliger Blüten bei derselben Pflanzenart.

Homologe Organe (Goebel) sind:
- a) an Gestalt und Funktion ähnliche Organe verschiedener Pflanzengruppen, welche
  - α) monophyletisch von einer und derselben Grundform abstammen, z. B. Microsporangium und Pollensack (phylogenetische Homologie), oder
  - β) polyphyletische Parallelbildungen sind in divergierenden Entwicklungsreihen, die vor der Entstehung des betreffenden Organs abgezweigt sind (Organisationshomologie) z. B. die Blätter der Lebermoose;
- b) an Gestalt und Funktion verschiedene Organe derselben Pflanze, die durch Entstehung und Stellung als zur gleichen Organkategorie gehörig bezeichnet werden, z. B. Laubblatt und Staubblatt.

Homostylie (Axell): Gleichbleibendes Längenverhältnis des Griffels zu den Staubblättern bei allen Blüten derselben Pflanzenart.

Hummelblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Hummeln angepasst sind.

Humuszeiger (Schröter): Pflanze, welche nicht auf rein mineralischem Boden vorkommt, sondern Humus verlangt.

Hybride: Durch Befruchtung zwischen zwei verschiedenen Arten, Varietäten oder Rassen entstandene Pflanzenform.

Hybridogamie: Befruchtung zwischen verschiedenen Pflanzenarten.

Hydathoden (Haberlandt) sind Organe für aktive Wasserausscheidung (Schweissdrüsen).

Hydrochor (Ludwig) sind solche Verbreitungseinheiten, deren Transport durch die Strömungen des Wassers erfolgt.

Hydrogamae (Kirchner!) = Wasserblütler: Diejenigen Blütenpflanzen, bei denen die Übertragung von Pollen auf die Narbe durch Strömungen des Wassers vollzogen wird.

Hydrokarpie (Hansgirg): Ausreifen von Früchten im Wasser.

Hydrokleistogamie (Hansgirg): Kleistogamie infolge der Überflutung der Blüte mit Wasser.

Hydromegathermen (A. De Candolle): Pflanzen, welche zu ihrem normalen Gedeihen mindestens 20° C mittlere Jahrestemperatur und grosse Feuchtigkeit verlangen; ihre Heimat sind die tropischen feuchten Gegenden.

Hydromorphosen (Herbst): Struktureigentümlichkeiten, welche durch den Aufenthalt unter Wasser induziert werden, z. B. Verschwinden der Spaltöffnungen an submersen Blättern.

Hydrophilae siehe Hydrogamae.

Hydrophyten (Warming): Wasserpflanzen, an das Leben im Wasser angepasst, ohne völlig auftauchende Assimilationsorgane.

Hygrochasie (Ascherson): Eintritt von Bewegungen an Fruchtständen oder Früchten infolge von Durchfeuchtung, wodurch die Ausstreuung der Samen erleichtert wird.

Hygrophil (Thurmann) siehe Hygrophyt.

Hygrophyten (Schimper) = Feuchtigkeit liebende Pflanzen: Diejenigen Ge-

wächse, deren Existenzbedingungen die Gefahr des Austrocknens ausschliessen und mit derjenigen einer Stockung des die Nährsalze ihren Verbrauchsorten zuführenden Transpirationsstroms verknüpft sind.

Hymenopterenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Hymenopteren angepasst sind.

Hyponastie (Sachs): Gefördertes Längenwachstum der Unterseite eines Organes, siehe auch Epinastie.

Hypoplasie (Küster) = Hemmungsbildung: Eine Form oder Eigenschaft, die, normal nur vorübergehend im Entwicklungsgang des Organismus auftretend, als fixierte erscheint.

Hypotroph (Wiesner): Organe, welche auf der Unterseite stärker entwickelt sind als auf der Oberseite (die Seitenäste der Coniferen z. B. sind alle auf der Unterseite stärker verdickt); siehe auch Epitroph.

Indoloid (Kerner) sind Düfte, welche von Verbindungen wie Indol, Skatol u. ä. herrühren.

Insectivoren (Darwin) siehe fleischfressende Pflanzen.

Insektenblütler siehe Entomogamae.

Insektenfressende Pflanzen (Darwin) siehe fleischfressende Pflanzen.

Intrafloral: Innerhalb der Blüte befindlich.

Isomorphismus (Hansgirg): Gleichartigkeit der Organe zweier verschiedener Pflanzenarten (z. B. *Lamium album* und *Urtica dioica*).

Isotroph (Wiesner): Organe, welche in den radialen Richtungen überall gleichmässig entwickelt sind.

Jugend: Die Entwicklungsperiode von der Keimung bis zum Eintritt der Blühbarkeit.

Jugendblätter (Goebel) = Protophylle: Die an der Jugendform der Pflanze auftretenden Blätter.

Jugendform (Jugendstadium): Die Entwicklungsstadien der Pflanze von der Keimung bis zur Blühbarkeit; sie ist oft anderen äusseren Verhältnissen angepasst als die „Folgeform“ und nicht immer eine ursprüngliche, phylogenetisch ältere.

Käferblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Käfer angepasst sind.

Kalkzeiger: Eine Pflanze, welche kalkreichen Boden dem kalkarmen vorzieht.

Kapitalisten (Mac Leod): Insektenblütige Pflanzen, die in ihren vegetativen Organen so viele Reservestoffe ansammeln, dass sie mit diesen den zur Hervorbringung von augenfälligen Blütenhüllen, Nektar, duftenden Stoffen u. ä. nötigen Aufwand bestreiten, und sich deshalb regelmässiger Fremdbestäubung anpassen konnten.

Karpotropische Bewegungen (Hansgirg): Nutationsbewegungen an Blütenstielen oder Blütenstandstielen, durch die eine für die Aussäung der Samen günstige Stellung erreicht wird.

Keimverzug (Wiesner) ist die verspätete Keimung völlig keimungsfähiger Samen.

Kernpaarung: Die bei dem Befruchtungsakt der höheren Pflanzen eintretende Verschmelzung des männlichen und weiblichen Sexualkerns; ersterer wird bei den Blütenpflanzen von der keimenden Mikrospore, d. h. der Pollenzelle, geliefert; der Kern der Eizelle ist in der Makrospore — d. h. einer vergrösserten Zelle (Embryosack) im Innern der Samenanlage — enthalten.

Kieselzeiger: Eine Pflanze, welche kalkarmen Boden dem kalkreichen vorzieht.

Kleinkerfblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch kleine Insekten verschiedener Ordnung angepasst sind.

Kleistanther (Ascherson) sind solche kleistogame Blüten, deren Antheren sich nicht öffnen, sodass die im Innern der Antherenfächer entwickelten Pollenschläuche die Antherenwand durchwachsen müssen, um zur Narbe zu gelangen.

Kleistogam (Kuhn) sind geschlossen bleibende Blüten, in denen die Bestäubung zwangsweise durch enges Aneinanderliegen der beiderlei Geschlechtsorgane herbeigeführt wird.

Kleistopetalie (Ule): Dauerndes Geschlossenbleiben der Blütendecken, ohne dass damit Kleistogamie verbunden ist, im Gegensatz zu Chasmopetalie.

Klettfrüchte (Huth): Früchte, welche durch Ausbildung von Widerhaken oder Krallen an ihrer Aussenseite zum Anhaften an Federn oder am Pelz von Tieren eingerichtet sind.

Klinomorph (Wiesner): Asymmetrische Organe ohne bestimmte Stellung zum Horizont.

Klinotrop (Wiesner): Ein schiefstehendes Organ, welches keine vertikale Symetrieebene aufweist (z. B. die Blätter der *Begonien*).

Körnchenflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von sehr geringer Grösse, deren Fähigkeit, vom Winde getragen zu werden, nicht in der Ausbildung besonderer Apparate zur Ausnützung des Luftwiderstandes, sondern nur in ihrem geringen Gewicht liegt.

Korrelation (Darwin). Gegenseitige Beeinflussung der Teile eines Pflanzenkörpers; Grösse und Ausbildung des einen ist vielfach durch einen andern bedingt.

Quantitative Korrelation (= Kompensation des Wachstums) besteht, wenn entweder die Entwicklung einer Organanlage durch ein anderes Organ ganz unterdrückt, oder doch die Grösse, welche sie erreichen kann, durch Korrelation beeinflusst wird.

Qualitative Korrelation ändert das beeinflusste Organ in seinen Eigenschaften um.

Kraftknospe (Warming): Eine durch Niederblätter (aber nicht eigentliche Knospenschuppen) geschützte, unterirdische oder unmittelbar an der Erdoberfläche gelegene Knospe krautiger Pflanzen, mit deren Sprengung im Frühling der neue Trieb beginnt.

Kreuzbestäubung s. Xenogamie.

Kriechstauden (Drude): Eine Gruppe perenner Stauden, die folgendermassen charakterisiert sind: Die ausdauernden, reich verzweigten und mit starkem Wanderungsvermögen durch Bewurzelung versehenen Grundachsen bilden niedergestreckte Gruppen von oberirdischen krautigen Trieben.

Kurztriebe = Stauchsprosse.

Lackierte Blätter (Volkens): Einseitig oder beidseitig mit einem glänzenden, in Alkohol löslichen Firnis überzogen, der die Transpiration herabsetzt (xerophytisches Schutzmittel). Er stammt entweder von inneren Hautdrüsen oder von einem subepidermalen, harzausscheidenden Gewebe oder von Drüsenhaaren, oder er wird dem Blatt von den Stipeln aus aufgelagert.

Langtriebe siehe Dehnsprosse.

Lebensform (Warming): Die aus der Anpassung einer Pflanze an die Umgebung resultierende Gesamterscheinung in Habitus, Einzelanpassungen und Lebenserscheinungen.

Lianen (Schenck): Alle Pflanzen, welche im Erdboden wurzeln und mit langgliedrigen Stengeln sich anderer Gewächse als Stützen bedienen, um ihr Laubwerk und ihre Blüten vom Boden zu erheben und in eine zum Licht günstige Lage zu bringen. Sie umfassen sowohl Holzpflanzen mit immergrünen Blättern, als auch laubabwerfende Kettersträucher, ferner Formen mit krautigen Stengeln, welche nur eine Vegetationsperiode aushalten oder mit unterirdischen Organen perennieren.

Lianoid (Johow) sind alle solchen phanerogamen Schmarotzerpflanzen, welche von autotrophen Schlingpflanzen abstammen (z. B. *Cuscuta*).

Lithophyten (Schimper): Die Bewohner der Fels- und Steinoberfläche.

Luftpflanzen siehe Epiphyten.

Magerkeitszeiger (Stebler und Schröter): Pflanzen, welche durch animalische Düngung vertrieben werden.

Malakogamae (Kirchner!) = Schneckenblütler: Diejenigen Blütenpflanzen, bei denen die Übertragung von Pollen auf die Narbe durch Schnecken vollzogen wird.

Malakophilae siehe Malakogamae.

Mannbarkeit: Diejenige Altersstufe,

während welcher das Blühen stattfindet.

Mechanomorphose 1. im weiteren ursprünglichen Sinn (Sachs): Ein durch äussere Faktoren ausgelöster Gestaltungsvorgang und dessen Endergebnis. 2. im engeren Sinn (Herbst): Eine durch Druck oder Zug ausgelöste gestaltliche Veränderung, z. B. die Bildung mechanischer Zellen bei künstlich belasteten Organen.

Mesophyten (Warming): Pflanzen von mittleren Ansprüchen an Feuchtigkeit, weder hygrophytisch noch xerophytisch angepasst.

Mesothermen (A. De Candolle) verlangen zu ihrem Gedeihen eine mittlere Jahrestemperatur von 15—20°, und wenigstens zeitweise reichliche Feuchtigkeit (z. B. mediterrane Vegetation).

Metabiosis (Ward): Diejenige Art des Zusammenhanges zweier Organismen, wo der eine für den andern die nötigen Bedingungen schafft; so z. B. die metabiontische Gärung bei der Sakebereitung, wo *Aspergillus Oryzae* die Stärke in Zucker umwandelt, der dann durch Hefe vergoren wird.

Metagynie (Loew!): Von den eingeschlechtigen Blüten einer Pflanzenart werden die männlichen früher geschlechtsreif als die weiblichen.

Metandrie (Loew!): Von den eingeschlechtigen Blüten einer Pflanzenart werden die weiblichen früher geschlechtsreif als die männlichen.

Metaphylle s. Folgeblätter.

Mikrothermen (A. De Candolle) brauchen 0—15° mittlere Jahrestemperatur, geringe Sonnenwärme, gleichmässig verteilte Niederschläge und eine Winterruhe.

Mixotroph (Pfeffer): Pflanzen, welchen ein unzureichender Chlorophyllgehalt nicht gestattet, ein genügendes Quantum organischer Substanz auf photosynthetischem Wege zu erwerben.

Monocotyle Rasenbildner (Drude): Pflanzen mit unmittelbar an der Erdoberfläche selbst ausdauernden, reich verzweigten und sprossenden Grundachsen ohne Hauptwurzel, deren Einzeltriebe von den absterbenden Blattscheiden umschlossen werden und aus diesen heraus sich verjüngen.

Monocyclisch (Warming) ist ein Spross, welcher in e i n e m Jahr seine Blühbarkeit erreicht.

Morphogene Reize siehe formative Reize.

Mosaikbastard (Naudin) = Bizarrie: Ein Mischling, an dem gewisse Charaktere der Vater- und Mutterpflanze unvermittelt nebeneinander auftreten, im Gegensatz zu Mischlingen intermediären Charakters.

Mykocecidien (Thomas) = Pilzgallen: Abnorme Gewebewucherungen, die durch parasitische Pilze hervorgerufen werden.

Mykodomatien (Lundström) sind gallenähnliche Bildungen an den Wurzeln, welche von symbiontisch mit der Blütenpflanze lebenden Pilzen erzeugt werden (Wurzelknöllchen der *Leguminosen*, der Erlen, *Elaeagnaceen*, *Podocarpus*-Arten).

Mykorrhiza (Frank) = Pilzwurzel, heisst eine von einem Pilz bewohnte Wurzel, sofern der Pilz nicht als schädlicher Parasit auftritt, sondern als Symbiont.

Myrmekodom (Warburg) = ameisenbeherbergend: Pflanzen, welche Höhlungen besitzen, in denen regelmässig Ameisen als Symbionten wohnen.

Myrmekodomatien (Warburg) = Ameisenwohnungen, sind Höhlungen in der Pflanze, welche regelmässig von Ameisen als mutualistischen Symbionten bewohnt sind.

Myrmekophilie (Delpino) siehe Myrmekophyt.

Myrmekophyt (Warburg) = Ameisenpflanze: Eine Pflanze, bei welcher morphologische oder anatomische erbliche Eigenschaften vorhanden sind, als Abänderungen des normalen Typus, welche den Ameisen nützlich sind.

Myrmekotroph (Warburg): Pflanzen, welche Ameisen Nahrung darbieten in extranuptialen Nektarien oder Futterkörperchen.

Myrmekoxen (Warburg) sind Myrmekophyten, welche den symbiontischen

Ameisen sowohl Wohnung als Nahrung darbieten.

Nachtblumen (Sprengel) heissen solche Blüten, welche bei Tage geschlossen, welk oder unansehnlich sind, sich abends öffnen und dann durch Färbung oder starken Duft (oder beides) auffällig werden.

Napfflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von runder, abgeflacht konkav-konvexer oder bikonvexer Gestalt, welche aus einer in der Mitte liegenden Last und einem sie umziehenden Flügel bestehen; sie fallen bei ruhiger Luft geradlinig senkrecht.

Nastien (de Vries): Krümmungen, welche an physiologisch dorsiventralen Organen durch allseitige Reize infolge einseitig geförderten Längenwachstumes eintreten.

Niederholz (Schimper): Sträucher und Zwergbäume.

Nitrophyten (Schimper) = nitrophile Pflanzen, Salpeterpflanzen, gedeihen dort am besten, wo der Boden viel Stickstoffverbindungen (Ammoniak- oder Salpeterverbindungen) enthält, also z. B. auf stark gedüngtem Boden (= Düngerzeiger).

Normaltiefe (Royer): Die Tiefe unter der Erdoberfläche, welche der Geoblast einer bestimmten Pflanzenart von selbst zu erreichen sucht, in der er sich hält und die er wieder aufsucht, wenn er in eine andere Tiefe gebracht wurde.

Nothogamie (Loew!) = heteromorphe Xenogamie: Mischlingsbefruchtung zwischen verschiedenen Pflanzenvarietäten, im Gegensatz zu Hybridogamie.

Nototrib (Delpino) ist die Pollenabladung, bei der der Blütenstaub vom Rücken des Bestäubers aufgenommen wird.

Nutricismus (v. Tubeuf): Dasjenige symbiontische Verhältnis eines Pilzes mit einer anderen Pflanze, in dem der Pilz der alleinige Ernährer ist, ohne eine Gegenleistung von dem anderen Symbionten zu empfangen (z. B. *Monotropa* und ihr Mykorrhizapilz).

Nyktigam siehe Nachtblüten.

Nyktitropische Bewegungen (Darwin) sind solche, welche als Schutzmittel gegen zu grossen Wärmeverlust bei nächtlicher Strahlung dienen.

O (Müller) als Blumenklasse bedeutet Vogelblumen.

Ökologisches Optimum (Schimper): Eine Pflanze befindet sich dann im ökologischen Optimum, wenn ihre Funktionen sich in einem den äusseren Bedingungen entsprechenden Gleichgewicht befinden. Das ökologische Optimum ist die Gesamtheit der „harmonischen Optima". Das „absolute Optimum" entspricht der höchsten Intensität einer Funktion, das „harmonische Optimum" der günstigsten Intensität.

Ombrophil (Wiesner) = regenliebend, ist ein Organ, das andauernde Regenwirkung ohne Schaden erträgt. Ombrophiles Laub ist benetzbar. Die meisten Hygrophyten sind ombrophil.

Ombrophob (Wiesner) = regenscheuend, ist ein Organ, welches durch lange dauernde Regenwirkung geschädigt wird. Ombrophobes Laub ist unbenetzbar. Die meisten Xerophyten sind ombrophob.

Ornithogamae (Kirchner!): Blütenpflanzen, deren Bestäubung durch Vögel vermittelt wird.

Ornithophilae (Delpino) siehe Ornithogamae.

Orthomorph (Wiesner): Ein radiäres Organ, welches zugleich orthotrop ist.

Orthotrop (Sachs): Ein Organ, dessen normale Richtung die vertikale ist, d. h. welches unter gewöhnlichen Lebensverhältnissen auf horizontaler Erdoberfläche bei allseitig gleicher Beleuchtung senkrecht aufwärts oder senkrecht abwärts wächst.

Panphotometrische Organe (Wiesner) suchen sich möglichst günstig zum diffusen Licht zu stellen, und gleichzeitig die Gefahren des direkten Sonnenlichts zu vermeiden; sie sind an starke Beleuchtung angepasst.

Paraffinoid (Kerner) sind solche Düfte, welche sich von Körpern der höheren Grenzkohlenwasserstoffe oder Paraffine herleiten.

Paraheliotrop (Darwin): Organe, welche eine zum einfallenden Licht-

strahl senkrechte Stellung einnehmen („Profilstellung“ der Blätter z. B.).

Paraheliotropische Bewegungen (Darwin) = Tagesschlaf, sind Bewegungen der Blätter zum Schutze des Chlorophylles gegen zu starke Beleuchtung.

Paranastie (de Vries): Gefördertes Längenwachstum einer Flanke eines Organes.

Parasit (Bischoff) = Schmarotzer: Auf Kosten lebender Organismen sich ernährend und dieselben schädigend.

Parthenogenesis (Owen): Entstehung eines Keimlinges aus der Eizelle des Embryosackes ohne Befruchtung.

Perenne Stauden (Drude) sind solche, welche auch im Winter mit grünen Organen frei an der Erdoberfläche stehen, oder, wenn die Blätter abfallen, mit ihrem auf der Erde liegenden Rhizom und den freien Triebknospen einigermassen den Bildungen an den Halbsträuchern niederer Art entsprechen, nur nicht mit verholzendem Grundstock.

Periodisch (Royer) sind solche Bewegungen vorzugsweise an Blüten, welche sich mehrmals, und zwar täglich einmal, wiederholen.

Photoblast (Kirchner!): Ein Spross, welcher über der Erde sich entwickelt und dem Leben an Licht und Luft angepasst ist (= photophiler Spross).

Photokleistogamie (Hansgirg): Kleistogamie infolge von Mangel an Licht.

Photometrisch (Wiesner) werden Organe genannt, welche in ihrer Stellung auf das Licht reagieren oder richtiger, deren Stellung eine Reaktion auf Lichteinfluss darstellt.

Photomorphose (Sachs): Ein Gestaltungsvorgang oder eine Organisation, welche durch das Licht als auslösenden Reiz veranlasst wird; z. B. die Dorsiventralität der Brutknospen von Marchantia und der Farnprothallien.

Photonastie (de Vries): Einseitig gefördertes Längenwachstum eines Organes infolge von allseitiger Einwirkung des Lichtes.

Phyllokarpisch (Hansgirg) sind karpotropische Bewegungen von Blütenstielen, durch welche die junge Frucht unter Blätter verborgen wird.

Physikalisch trocken ist ein Boden, der wenig Wasser enthält.

Physiologisch trocken (Schimper) ist ein Boden für diejenigen Pflanzen, welche ihm zu wenig Wasser zu entnehmen vermögen, obwohl er physikalisch nass sein kann (Torf, Salzboden, kalter Boden). Physiologisch trockener Boden nährt eine xerophyte Vegetation.

Plagiotrop (Sachs): Ein Organ, dessen normale Richtung einen Winkel mit der senkrechten macht, welches also eine schiefe oder horizontale Lage annimmt.

Plattendrehflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von der Gestalt dünner, ebener Platten von länglichem Umriss mit medianem Schwerpunkt; die Fallbewegung in ruhiger Luft findet in Form einer aus kleinen sekundären Kurven zusammengesetzten spiraligen Raumkurve unter sehr beschleunigter, senkrechter Rotation um die horizontale Längsachse statt.

Pleiocyklisch (Warming) ist ein Spross, welcher mehr als zwei Jahre braucht, um blühbar zu werden (tricyklisch, tetracyklisch etc.).

Pleogamie (Loew): Auftreten eingeschlechtiger Blüten neben zwitterigen in wechselnder Verteilung auf den Individuen derselben Pflanzenart.

Pleurotrib (Delpino) ist die Pollenabladung, bei der der Blütenstaub von dem Körper des Bestäubers seitlich aufgenommen wird.

Pneumatophoren (Jost) = Atemwurzeln: Der Durchlüftung dienende, wenigstens zeitweise aus dem Wasser hervorragende Wurzeln von Wasser- und Sumpfpflanzen.

Po (Müller) als Blumenklasse bedeutet Pollenblumen, siehe diese.

Polare Ausbildung zeigt ein Pflanzenorgan, das einen Gegensatz zwischen Basis und Spitze aufweist.

Pollenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche den besuchenden Insekten nur Pollen, aber keinen Nektar als Nahrung darbieten.

Pollinarium (Link): Bei den Orchideen das in einer Antherenhälfte entstandene Pollinium mit seiner Caudicula und der Klebmasse.

Pollinium (Nuttall): Der zu einer zusammenhängenden Masse vereinigte Polleninhalt einer Antherenhälfte.

Polyembryonie (Strasburger): Vorhandensein von mehr als einem Keimling in einem Samen.

Polyöcie (Errera und Gevaert): Vorhandensein verschiedener, durch das Geschlecht sich von einander unterscheidender Individuen bei derselben Pflanzenart.

Porogamen (Treub): Blütenpflanzen (Siphonogamen), bei denen der Pollenschlauch durch die Mikropyle der Samenanlage zur Eizelle hinwächst.

Postfloration (Lindman): Das Verhalten der Blüte, insbesondere der Blütenhüllen, nach Abschluss des Blühens.

Primär-diklin (Delpino) sind zweihäusige Pflanzen, deren Zweihäusigkeit nicht aus ursprünglicher Zwitterblütigkeit abgeleitet werden kann.

Primordialblätter (Primärblätter): Die unmittelbar nach den Cotyledonen folgenden Blätter.

Proletarier (Mac Leod): Insektenblütige Pflanzen, welche blühen, ohne erhebliche Mengen von Reservestoffen angesammelt zu haben, deshalb auf augenfällige nektarreiche Blüten und somit auf gesicherten Insektenbesuch verzichten müssen und regelmässig eintretende Selbstbestäubung zeigen.

Protandrie (Hildebrand): In einer Zwitterblüte werden die männlichen Organe früher geschlechtsreif als die weiblichen. Ausgeprägt protandrisch werden solche Blüten genannt, bei denen die weiblichen Organe sich erst nach dem Abblühen der männlichen entwickeln, schwach protandrisch solche, in denen die weiblichen Organe geschlechtsreif werden, wenn auch die männlichen noch funktionsfähig sind.

Protandrisch-homogam (Lindman): Blüten, welche nur am Beginn des Blühens protandrisch, sonst aber während des grössten Teiles der Blütezeit homogam sind.

Protogynie (Hildebrand): In einer Zwitterblüte werden die weiblichen Organe früher geschlechtsreif als die männlichen. Ausgeprägt protogynisch werden solche Blüten genannt, in denen die männlichen Organe sich erst nach dem Abblüten der weiblichen zur Geschlechtsreife entwickeln, schwach protogynisch solche, deren männliche Organe geschlechtsreif werden, wenn die weiblichen noch funktionsfähig sind.

Protogynisch-homogam (Lindman): Blüten, welche nur am Beginn des Blühens protogynisch, sonst aber während des grössten Teiles der Blütezeit homogam sind.

Protomorphische Blätter (Masters) siehe Primordialblätter.

Protophylle siehe Jugendblätter.

Psammophyten (Warming) = Sandpflanzen: Pflanzliche Bewohner des Sandes, Anpassungen an dieses Substrat zeigend.

Pseudoëphemer (Hansgirg) sind solche ephemere Blüten, welche erst später als nach Verlauf eines Tages, nachdem sie sich geöffnet haben, sich wieder schliessen.

Pseudokleistogam (Hansgirg): Geschlossen bleibende Blüten, deren Organe keine wesentliche Verkleinerung oder Verkümmerung aufweisen.

Psychrokleistogamie (Hansgirg): Kleistogamie infolge von Mangel an Wärme.

Radiär (Sachs) = strahlig gebaut: Ein Organ oder Spross, dessen Teile eine gleichmässige Anordnung rings um eine Achse aufweisen.

Rankenpflanzen sind Kletterpflanzen mit reizbaren Kletterorganen, die bei Berührung mit einer Stütze an dieser durch Einkrümmung sich befestigen.

Rauhblätter (Hansgirg): Mit steifen und derben, oft rückwärts gerichteten Haaren besetzte Blätter zoophober Pflanzen.

Rectipetiver Reiz (Küster) siehe formativer Reiz.

Redivive Stauden (Drude) sind solche, welche ein hauptsächlich unterirdisches Leben mit oder ohne Grundachsen-

verzweigungen oder mit Umformungen zu Knollen, Zwiebeln führen; das Wesentliche liegt in der Ausbildung der „Kraftknospen“ und Entfaltung derselben in bestimmter Phase einer neuen Vegetationsperiode.

Regenblätter (Hansgirg) sind solche Blätter mesophytischer Pflanzen, welche mit besonderen Einrichtungen zur Förderung der Transpiration und zur Trockenlegung der beregneten Blattspreite versehen sind.

Regeneration (Goebel) ist die Neubildung von Organen an abgetrennten Pflanzenteilen oder verletzten Pflanzen.

Röhrenblätter (Kerner): Blätter, welche nur, wo sie den Stengel umfassen, scheidenförmig gestaltet, sonst hohl, in lange Hohlzylinder ausgezogen und an der Spitze durch einen Hohlkegel abgeschlossen sind. Sie stehen meist aufrecht und sind durch die Röhrenform gegen das Knicken geschützt.

Rollblätter (Kerner): Schmale, an den Rändern eingerollte Blätter, an denen die Spaltöffnungen vor Nässe geschützt werden und der Weg für das bei der Transpiration ausgeschiedene Wasser freigehalten ist.

Rosettenstauden (Drude) sind solche perenne Stauden, welche eine gestauchte Hauptachse mit alljährlich an ihrem Kopfe neu entspringenden Trieben aufweisen. Es bilden sich Blattrosetten aus, welche ohne weiteren Knospenschutz frei überwintern und die durch einen Winter getrennten Vegetationsreihen ohne äusserliche Phasen (Knospensprengen) aneinanderschliessen.

Rückkreuzung: Die Belegung der Narbe einer Bastardpflanze mit Pollen der väterlichen oder mütterlichen Stammform.

Ruderalpflanzen (Bischoff): Pflanzen, welche zu ihrer Ernährung grösserer Mengen von Ammoniak oder Nitraten bedürfen und sich deshalb auf Schutt- und Abfallplätzen, in Ortschaften und dergl. ansiedeln.

Runzelblätter (Hansgirg): Xerophile Blätter, welche zum Schutz gegen zu starke Transpiration mit starken Runzeln und grubigen Vertiefungen versehen sind.

Rutengewächse (Kerner) sind solche Xerophyten, bei welchen die Transpiration durch Reduktion des Laubes eingeschränkt und die Assimilation durch die grünen Stengel besorgt wird.

Saftdecken (Sprengel): Einrichtungen an entomogamen Blüten, durch welche der in ihnen enthaltene Nektar gegen Regen und unerwünschte Besucher geschützt wird, ohne dass die normalen Besucher am Zutritt zum Nektar gehindert werden.

Safthalter (Sprengel): Dasjenige Organ einer entomogamen Blüte, welches den von den Nektarien abgeschiedenen Nektar aufnimmt und beherbergt.

Saftmale (Sprengel): Die an entomogamen Blüten vorhandenen Einrichtungen (Zeichnungen u. a.), welche die besuchenden Insekten auf den Weg zu dem in der Blüte vorhandenen Nektar weisen.

Sägeblätter (Hansgirg): Verkieselte, rauhe und harte, oft schneidende Blätter zoophober Pflanzen.

Salzpflanzen siehe Halophyten.

Sammetblätter (Stahl) zeigen einen durch papillär vorgewölbte Oberhautzellen erzeugten Sammetflaum, sind sehr leicht benetzbar und lassen das rasch sich ausbreitende Wasser rasch verdunsten. Sammetblätter mit Träufelspitze stellen eine hochentwickelte Vorrichtung zur raschen Trockenlegung der Blattspreite dar. Gleichzeitig dienen die Papillen als lichtfangende Apparate.

Sandpflanzen siehe Psammophyten.

Saprophyten (De Bary) = Fäulnisbewohner: Auf Kosten toter, sich zersetzender, organischer Substanzen sich ernährende Pflanzen.

Schattenblatt siehe heliophob.

Schauapparate (Johow): Diejenigen Organe einer Blüte oder ihrer Umgebung, welche durch Form und Färbung geeignet sind, die Blüten augenfällig zu machen.

Schaufläche (Kirchner!): Die in eine zur Blütenachse senkrechte Ebene pro-

jizierte, in der Regel vorzugsweise von Blütenhüllen gebildete Oberfläche einer geöffneten Blume.

Scheibendrehflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von flacher kreisrunder Gestalt mit in der Mitte liegendem Schwerpunkt; sie fallen bei ruhiger Luft unter Drehungen in einer von der senkrechten stark abweichenden Linie.

Schienensammler (Müller): Langrüsselige Bienen mit einer an den Hinterschienen befindlichen Sammeleinrichtung für Pollen.

Schirmflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte, welche aus einer verlängerten Last und einem darauf befestigten fallschirmartigen Körper von der Gestalt eines umgekehrten Kegelmantels bestehen.

Schlafbewegungen siehe nyktitropische Bewegungen.

Schleuderfrüchte (Hildebrand): Früchte, welche bei der Reife elastisch aufspringen und dabei die in ihnen enthaltenen Samen auf einige Entfernung fortschleudern.

Schlupfwespenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Schlupfwespen angepasst sind.

Schmarotzer siehe Parasit.

Schneckenblütler siehe Malakogamae.

Schösslingssträucher (Drude) sind solche Sträucher, welche in rascher Folge aus einem kräftigen Wurzelstock immer wieder neue, zwei- bis vieljährige verholzende Schösslinge treiben.

Schraubenblätter (Kerner): Lange schmale aufgerichtete Blätter, welche als Versteifung und zum Schutz gegen Knickung eine schraubenartige Drehung zeigen; z. B. *Typha latifolia*, viele Graskeimlinge.

Schraubendrehflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von der Form dünner ebener Platten von länglichem Umriss mit in der Richtung der Längsachse stark verschobenem Schwerpunkt; die Fallbewegung findet unter beschleunigten Drehungen senkrecht um die Längsachse und horizontal um eine senkrechte Schwerpunktachse statt und ist bei ruhiger Luft eine gradlinige, senkrechte.

Schraubenflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte von der Form dünner ebener Platten von länglichem Umriss, deren Schwerpunkt sowohl in der Längs-, wie in der Querrichtung bedeutend verschoben ist; die Fallbewegung findet unter sehr beschleunigter horizontaler Drehung in gradliniger senkrechter oder in spiraliger Richtung statt.

Schüttelfrüchtler (Huth): Pflanzen mit kapselartigen Früchten, aus denen die Samen herausgeworfen werden, wenn der Wind die Früchte hin und her schüttelt und neigt.

Schüttelkletten (Huth): Klettfrüchte, welche beim Anhaften an Tieren nicht an diesen, sondern an der Mutterpflanze haften bleiben und beim Zurückschnellen die Samen oder Früchte ausschleudern.

Schuttpflanzen siehe Ruderalpflanzen.

Schutzspross: Ein Spross, welcher Einrichtungen zum Schutz der Pflanze ausgebildet hat, z. B. Dornen, myrmekophile Sprosse.

Schwebfliegenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Schwebfliegen angepasst sind.

Schwimmblätter (Bischoff) werden diejenigen Blätter der Wasserpflanzen genannt, welche mit ihrer Spreite auf dem Wasserspiegel aufliegen, so dass die Unterseite mit Wasser, die Oberseite mit Luft in Kontakt ist.

Schwimmfrüchte und Schwimmsamen (Schenck) haben Einrichtungen, wodurch sie befähigt sind, eine Zeit lang an der Oberfläche des Wassers zu schwimmen.

Segelflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte, welche sehr dünne Platten von länglichem Umriss mit längs medianem, in der Richtung der Querachse stark verschobenem Schwerpunkte darstellen; beim Fall in ruhiger Luft stellen sie sich mit der Längsachse horizontal, mit der Querachse in einem spitzen Winkel zum Horizont und beschreiben eine

nach unten sich verengende spiralige Raumkurve.

Selbstbestäubung siehe Autogamie.

Selbstfertilität siehe Autokarpie.

Selbststerilität (Darwin): Unvermögen der Ausbildung von Frucht und Same infolge von Autogamie.

Sklerokaulen (Schimper) sind Pflanzen mit derb gebauten, ledrigen, mit dicker Cuticula versehenen Sprossen (meist Flachsprossgewächse).

Sklerophyllen (Schimper) sind Pflanzen, deren Blätter steif, ledrig, mit dicker Cuticula versehen sind.

Sonnenblatt siehe heliophil.

Spalierwuchs (Warming): Wuchs derjenigen Holzpflanzen, deren Stämme flach auf dem Boden liegen und deren Zweige sich horizontal ausbreiten.

Speicherspross: Ein Spross, welcher Reservenahrung aufspeichert.

Sporophytische Generation = Sporophyt: Die durch den Befruchtungsakt entstandene, auf vegetativem Wege sich weiter teilende, ungeschlechtliche Generation der höheren Pflanzen.

Spreizklimmer (Schenck) sind Kletterpflanzen, die durch abspreizende Seitenzweige mit oder ohne Stacheln oder Dornen ihre langgestreckten schlaffen Stengel im Geäst der Stützpflanzen befestigen.

Sprossverkettung (Sprossfolge): Darunter versteht man die Art und Weise, wie die notwendigen Sprosse von der Keimachse bis zur Blütenachse auseinander hervorgehen; man unterscheidet

einachsige Pflanzen, wenn die erste Achse, die Keimachse, mit Blüten abschliesst,

zweiachsige, bei denen die Blütenblätter erst an der zweiten Achsengeneration auftreten, die erste nur Nieder- und Laubblätter trägt,

drei-, vier- etc. achsige ebenso,

mischachsig: sind Pflanzen mit eingeschlechtigen Blüten, bei denen die weiblichen an einer anderen Achsengeneration auftreten als die männlichen.

Staminodium (Richard): Ein rückgebildetes Staubblatt, das keinen Pollen hervorbringt.

Stammsucculenten siehe Chylokaulen.

Stärkebäume (Russow) sind solche Bäume, bei denen am Beginn des Winters nur sehr wenig Fett auf Kosten der Stärke erzeugt wird, sodass letztere im Holz unverändert bleibt.

Stauchsprosse (Koehne) haben verkürzte Glieder und darum eng zusammengedrängte Blätter, oft auch begrenztes Wachstum. Synonyme sind: Stauchlinge (Wigand), Kleinzweige oder Brachyblasten (Hartig).

Stauden (Bischoff): Dauerpflanzen, deren oberirdische Langtriebe höchstens eine Vegetationsperiode dauern.

Stehwasserblätter (Hansgirg): Blätter von Wasserpflanzen, die in haardünne, zahlreiche Zipfel zerspalten oder gitterförmig durchlöchert sind.

Sternotrib (Delpino) ist die Pollenabladung, bei der der Blütenstaub von der Körperunterseite des Bestäubers aufgenommen wird.

Strömungsblätter (Hansgirg): Blätter von monocotylen Wasserpflanzen, die untergetaucht, flach, ungeteilt und langgezogen sind.

Subdiöcisch (Darwin) sind Pflanzen, die teils in männlichen, teils in weiblichen Exemplaren auftreten, in beiden Fällen jedoch mit Blüten, deren Sexualorgane verschiedene Stufen der Verkümmerung darbieten.

Submers (Bischoff) = untergetaucht, heissen diejenigen Organe, welche unter dem Wasserspiegel vegetieren.

Symbiose (De Bary): Ernährungsgenossenschaft zweier verschiedenartigen Organismen, wobei jedem der beiden eine bestimmte Rolle in der Ernährung der Genossenschaft zufällt. Ein einzelner der auf diese Art zusammenlebenden Organismen wird Symbiont genannt.

Symbiotroph (Kirchner!): Unter Mitwirkung eines Symbionten, d. h. eines anderen Organismus sich ernährend, welcher in einem auf Gegenseitigkeit beruhenden Verhältnis mit der symbiotrophen Pflanze steht.

Synchronogamie (Kirchner!): Gleichzeitige Geschlechtsreife der männlichen und weiblichen Blüten bei Pflanzen mit diklinen Blüten.

S y n ö c i e: Das Auftreten von Blüten verschiedenen Geschlechts innerhalb desselben Blütenstandes.

S y n z o i s c h (Sernander): Verbreitungseinheiten, welche durch Tiere absichtlich von der Mutterpflanze entfernt und forttransportiert werden.

T a g e s s c h l a f siehe parahcliotropische Bewegungen.

T a u b l ä t t e r (Hansgirg): Blätter von xerophilem Bau, welche mit Einrichtungen zur Ansammlung und Aufnahme atmosphärischen Wassers versehen sind.

T a u c h p f l a n z e n (Drude) = submerse Wasserpflanzen, sind untergetaucht lebende Wassergewächse.

T ä u s c h b l u m e n (Müller): Entomogame Blüten, welche keinen Nektar enthalten, aber gewisse Insekten durch Ausbildung von tropfenähnlichen Scheinnektarien zum Besuch anlocken.

T e r p e n o i d (Kerner) sind Düfte, welchen Verbindungen zu Grunde liegen, die sich von den Terpenen ableiten.

T h i g m o m o r p h o s e (Herbst): Ein durch die Reizwirkung der Berührung ausgelöster Gestaltungsvorgang, z. B. die Bildung von Haftscheiben an den Ranken von *Ampelopsis*.

T i e r b l ü t l e r siehe Zoidiogamae.

T i e r f r ü c h t l e r siehe zoochor.

T i n k t u r e n (Kölreuter): Durch Doppelbestäubung erzielte Wirkungen von zweierlei Pollenarten, die sich an demselben Sämling geltend machen.

T r a m p e l k l e t t e n (Ascherson): Klettfrüchte, deren hakige Anhängsel sich an den Füssen von Tieren festhaken, von denen sie allmählich durch Trampeln zertreten werden.

T r ä u f e l s p i t z e (Stahl) ist eine lang ausgezogene Blattspitze, die zur raschen Entwässerung des Blattes dient. Sie wird als Mittel zur Erhaltung des Transpirationsstroms aufgefasst; kommt vorwiegend bei Hygrophyten vor.

T r e i b f r ü c h t e und T r e i b s a m e n werden eine Zeit lang von den Strömungen des Wassers umhergetrieben.

T r i e b p f l a n z e (Krause): Dauerpflanze, bei welcher die oberirdischen Langtriebe fehlen oder nur von kurzer Dauer sind.

T r i m o n ö c i e (Errera und Gevaert): Vorkommen von zwitterigen, männlichen und weiblichen Blüten auf demselben Pflanzenindividuum.

T r i m o r p h i s m u s (Darwin): Vorhandensein dreier verschiedener heterostyler Blütenformen bei derselben Pflanzenart.

T r i ö c i e (Darwin): Vorkommen von männlichen, weiblichen und zwitterigen Blüten auf dreierlei verschiedenen Individuen derselben Pflanzenart.

T r i ö c i s c h - a n d r o g y n (Loew) sind Pflanzen mit eingeschlechtigen Blüten, die auf dreierlei Stöcke verteilt sind, so dass männliche, weibliche und monöcische Exemplare vorkommen.

T r o p o p h i l siehe Tropophyten.

T r o p o p h y t e n (Schimper): Pflanzen, welche während eines Teiles des Jahres xerophytisch, während eines andern mesophytisch oder hygrophytisch angepasst sind. Unsere sommergrünen Laubhölzer zeigen in der Vegetationsperiode mesophytische, in der Ruheperiode (Winter) xerophytische Anpassung. Tropophyt = tropophile Pflanze.

T u r i o n e n (Linné) = Winterknospen, nennt man die bei ausdauernden Pflanzen zum Zweck der Überwinterung gebildeten Sprossenden mit Blatteonvoluten, die auch zur Vermehrung der Pflanze beitragen können.

Ü b e r p f l a n z e n siehe Epiphyten.

Ü b e r s c h w e m m u n g s b l ä t t e r (Hansgirg): Kurzgestielte oder sitzende, schmale oder rundliche Luftblätter, die sich nach ihrer Struktur leicht einer submersen Lebensweise anpassen können.

U h r f e d e r r a n k e r (Schenck) sind Achsenranker mit dünnen, schon frühzeitig uhrfederartig eingerollten, elastischen, nackten Ranken, in denen sich die Stützen fangen, um infolge des Kontaktreizes fest umgriffen zu werden.

U n v o l l s t ä n d i g d i ö c i s c h sind Pflanzen mit eingeschlechtigen, daneben auch zwitterigen Blüten auf zweierlei Stöcken, die entweder vorwiegend männlich oder vorwiegend weiblich sind.

V e r b r e i t u n g s a g e n s (Hildebrand): Dasjenige, was den Transport der Verbreitungseinheiten vollzieht.

Verbreitungsausrüstungen: Einrichtungen an Samen und Früchten, welche zum passiven Transport derselben dienen.

Verbreitungseinheit (Vogler emend.): Jedes von der Mutterpflanze abgetrennte, der Vermehrung dienende Organ, welches dem passiven Transport zum Zweck der Verbreitung unterliegt; es kann ein Same, eine Frucht oder eine Teilfrucht, oder auch ein vegetativer Vermehrungsspross sein. Vogler versteht unter Verbreitungseinheiten nur Samen enthaltende Organe.

Verbreitungsmittel (Hildebrand): Einrichtung zum passiven Transport von Samen und Früchten.

Vermehrungssprosse (Koehne): Werden unter schliesslicher Abtrennung von der Mutterpflanze und Nebenwurzelbildung zu neuen Pflanzen, vermehren also die durch Samenbildung erzielte Nachkommenschaft.

Verschleppungskletten (Huth): Klettfrüchte, welche an der Wolle oder den Federn von Tieren haften bleiben und von letzteren verschleppt werden.

Vexillarbildungen (Delpino): Blütenteile, die behufs Anlockung der Bestäuber fahnenartig umgestaltet sind.

Vitalität ist die Eigenschaft von Samen und anderen Keimen, ihre Lebensfähigkeit über eine kürzere oder längere Zeit im ruhenden (latenten) Zustand zu erhalten.

Viviparie (J. G. Agardh): Das Auftreten junger Pflänzchen in Verbindung mit der Mutterpflanze. Man unterscheidet:

Echte Viviparie, normales Auskeimen des Embryo, solange der Same noch an der Mutterpflanze hängt, z. B. Mangrove.

Unechte Viviparie, Ersatz einer Blüte oder eines Blütenstandes durch ein vegetatives Vermehrungsorgan, z. B. *Poa alpina* var. *vivipara*, *Polygonum viviparum*.

Vogelblütler siehe Ornithogamae.

Wachsblätter (Hansgirg): Unbenetzbare, mit einem Wachsüberzug bedeckte Blätter ombrophober Pflanzen.

Walzendrehflieger (Dingler): Anemochore Samen oder Früchte mit 3 bis mehreren Flügeln, im Querschnitt von regelmässig 3- bis mehrstrahliger sternförmiger Gestalt; die Fallbewegung in ruhiger Luft findet in einer spiralig verlaufenden Raumkurve unter beschleunigter senkrechter Rotation um eine horizontale Axe statt.

Wanderknospen (Ludwig): Sich ablösende Knospen von Wasserpflanzen, welche durch die Strömungen des Wassers verbreitet werden.

Wasserblütler siehe Hydrogamae.

Wasserfrüchtler siehe hydrochor.

Wespenblumen (Müller): Entomogame Blüten, welche der Bestäubung durch Wespen angepasst sind.

Windblätter (Hansgirg): Blätter, welche mit besonderen Einrichtungen zum Schutz gegen die schädlichen Wirkungen des Windes versehen sind.

Windblütler siehe Anemogamae.

Windepflanzen sind Kletterpflanzen, deren negativ geotropische Stengel durch rotierende Nutation schraubenförmig um aufrechte Stützen emporwachsen. Reizbarkeit durch Kontakt fehlt.

Windfrüchtler siehe anemochor.

Windroller (Huth): Anemochore Früchte und Fruchtstände von kugeliger Gestalt und geringem Gewicht, welche durch den Wind auf dem Boden fortgerollt werden.

Wintersteher (Sernander): Pflanzen, welche ihre Samen den Winter über bis zum Frühling halten und sie hauptsächlich während des Winters ausstreuen.

Wipfelbäume (Drude): Bäume mit zahlreichen, an den Zweigen gleichmässig verteilten End- und Seitenknospen, welche bei der Erneuerung der Blätter tätig sind.

Wirtshold (Johow): Ein Schmarotzer, der vorzugsweise auf einer bestimmten Pflanzengruppe vorkommt.

Wirtsstet (Johow): Ein Schmarotzer der nur auf einem Wirte vorkommt.

Wirtsvag (Johow): Ein Schmarotzer, der auf verschiedenen Wirten vorkommt.

W u r z e l k l e t t e r e r (Darwin): Kletterpflanzen, die sich mit Haftwurzeln an der Stütze befestigen.

W u r z e l s p r o s s e r (Drude) sind solche redivive Stauden, bei denen an Stelle des Wurzelstocks eine reich verzweigte, wandernde Wurzel die Entwicklung neuer Triebe aus „Wurzelknospen“ übernimmt; z. B. *Pirola uniflora*.

X e n i e n (Focke): Veränderungen der Gestalt oder Färbung, welche an irgend einem Teil einer Pflanze (vorzüglich an Früchten und Samen) infolge der Einwirkung fremden Pollens auf die Blüte hervorgebracht werden.

X e n o g a m i e (Kerner) = Kreuzbestäubung: Belegung einer Narbe mit Pollen, welcher aus einer Blüte eines andern Individuums derselben Pflanzenart herstammt.

X e n o k a r p i e (Errera und Gevaert): Ausbildung von Frucht und Same infolge von Xenogamie.

X e n o m o r p h o s e siehe Aitimorphose.

X e r o c h a s i e (Ascherson): Eintritt von Bewegungen an Fruchtständen oder Früchten infolge von Austrocknung, wodurch die Ausstreuung der Samen erleichtert wird.

X e r o m o r p h o s e n (Herbst): Durch die Reizwirkung gesteigerter Transpiration hervorgerufene gestaltliche Veränderungen, z. B. Verdickung der Cuticula bei trocken kultivierten Pflanzen.

X e r o p h i l (Thurmann) siehe Xerophyt.

X e r o p h y t e n (Schimper) = Trockenheitszeiger: Pflanzen, welche an einen „physiologisch trockenen“ Boden angepasst sind (der Boden ist „physiologisch trocken“ durch: Wassermangel, Kälte, Salzreichtum, Humusreichtum). Xerophyt = xerophile Pflanze.

X e r o k l e i s t o g a m i e (Hansgirg): Geschlossenbleiben von Blüten infolge von zu geringer Wasserzufuhr.

Z e i t s t a u d e n (Krause) = Etesiae ♃: Solche ausdauernde Pflanzen, bei denen die oberirdischen Teile im Laufe eines bestimmten Jahresabschnittes ihre ganze Entwicklung vollenden, so dass zeitweise oberirdische Teile überhaupt nicht vorhanden sind.

Z o i d i o g a m a e (Kirchner!) = Tierblütler: Diejenigen Blütenpflanzen, bei denen die Übertragung von Pollen auf die Narbe durch Tiere vollzogen wird.

Z o i d i o p h i l a e siehe Zoidiogamae.

Z o o c h o r (Ludwig) sind solche Verbreitungseinrichtungen, bei denen der Transport durch Tiere übernommen wird.

Z o o p h o b (Lundström): Anpassungen, welche als Schutz gegen Tierfrass dienen, und Pflanzen, welche solche Schutzmittel besitzen.

Z u g w u r z e l n (de Vries) sind solche, welche durch ihre Kontraktion die Pflanze tiefer herabziehen (Keimpflanzen zum Schutz, erwachsende Grundachsen zur Erlangung der Normaltiefe).

Z w a n g s b e s t ä u b u n g siehe Kleistogamie und Pseudokleistogamie.

Z w e i a c h s i g siehe Sprossverkettung.

Z w e i g k l i m m e r (Schenck) sind Kletterpflanzen, bei denen die Anfangsglieder der Achse reizbare, normal beblätterte Seitenzweige tragen, während die Endglieder blattlose, vielgliedrige Zweigranken tragen.

Z w e r g s t r ä u c h e r (Warming) = Fruticuli: Niedrige Pflanzen (in der Regel $^1/_6$—$^1/_3$ m hoch) mit ausdauernder primärer Wurzel und ganz verholzenden und fortdauernden Sprossen (*Calluna*, *Empetrum*).

Drude fasst den Begriff etwas anders, indem er hervorhebt, dass der einzelne Trieb nach mehrmaligem Blühen abdorrt und jungen Wurzelreisern die Erneuerung überlässt; nach ihm findet ein solches Absterben gerade auch bei *Calluna* statt.

Embryophyta siphonogama.

Blütenpflanzen.

1. Unterabteilung. **Gymnospermae.**

1. Klasse. **Coniferae.**

Wichtigste spezielle Literatur:

1. Baur, F. Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Stuttgart 1876.
2. Beissner, L. Handbuch der Nadelholzkunde. Berlin 1891.
3. Berthier, Ch. Étude physiologique de l'If (Taxus baccata L.) et de la Taxine de Merck. Thèse. Genève 1896.
4. Bertog, H. Untersuchungen über den Wuchs und das Holz der Weisstanne und Fichte. Forstl.-naturwiss. Zeitschr., Bd. 4. 1895. S. 97—112, 177 216.
5. Böhmerle, K. Formzahlen und Massentafeln für die Schwarzföhre. Mitteil. aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs. Wien 1893.
6. Burgerstein, A. Über das Verhalten der Gymnospermen-Keimlinge im Licht und im Dunklen. Berichte der Deutschen Bot. Ges., Bd. 18. 1900. S. 168—184.
7. Burtt, A. H. Über den Habitus der Coniferen. Dissert. Tübingen 1899.
8. Büsgen, M. Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. Allg. Forst- und Jagdzeitung. 1901. S. 273 u. 305.
9. Busse, W. Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Jahresperiode der Weisstanne (Abies alba Mill.). Flora, Bd. 77. 1893. S 113—175.
10. Cieslar, A. Das Rotholz der Fichte. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. Bd. 22. 1896. S. 149—165.
11. Coaz. Baumalbum der Schweiz. Bern 1896.
12. Conwentz, H. Die Eibe in Westpreussen, ein aussterbender Waldbaum. Abhandlungen zur Landeskunde der Prov. Westpreussen. Heft III. Danzig 1892.
13. Daguillon, A. Sur le polymorphisme foliaire des Abiétinées. Comptes rendus. Paris. Tome 108. 1889. S. 108—110.
14. — — Sur les feuilles primordiales des Cupressinées. Daselbst, Tome 128. 1894 S. 256—259.
15. — — Observations sur la structure des feuilles de quelques Conifères. Bull. soc. bot. de France. Vol. 35. 1888. S. 57—61.
16. — — Recherches morphologiques sur les feuilles des Conifères. Thèse. Paris 1890.
17. Dodel-Port, A. Anatomisch-physiologischer Atlas der Botanik. Esslingen 1878 bis 1883. Text zu Taf. 24—27.
18. Ebermayer. Untersuchungen und Studien über die Ansprüche der Waldbäume an die Nährstoffe des Bodens. Forstlich-naturwiss. Zeitschr., Bd. 2. 1893. S. 220—244.

19. Engler, Arnold. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. d. Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. Bd. 7. 1903. S. 247—312.

20. Fliche, B. et Grandeau, L. De l'influence de la composition du sol sur la végétation du Pinus Pinaster. Annales de Chim. et Phys. Sér. IV. t. 29. 1873. S. 383.

21. Fujii, K. Über den Bestäubungstropfen der Gymnospermen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 21, 1903. S. 211—217.

22. Gadeau de Kerville, H. Les vieux arbres de la Normandie. Fasc. I—IV. Paris 1894—1899.

23. Goebel, K. Über die Pollenentleerung bei einigen Gymnospermen. Flora, Bd. 91. 1902. S. 237—255.

24. Hartig, R. Das spezifische Frisch- und Trockengewicht, der Wassergehalt und das Schwinden des Kieferholzes. Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen. Bd. 6. 1874. S. 194—218.

25. — — Das Holz unserer deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885.

26. — — Über den Entwicklungsgang der Fichte im geschlossenen Bestande nach Höhe, Form und Inhalt. Forstlich-naturwiss. Zeitschr., Bd. 1. 1892. S. 169—185.

27. — — Der Wachstumsgang der Fichte im Bayerischen Walde. Das. Bd. 2. 1893. S. 49—57.

28. — — Das Rotholz der Fichte. Das. Bd. 5. 1896. S. 96—109, 157—169.

29. — — Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Berlin 1901.

29a. Hartig, Th., Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin 1851.

30. Hempel, G. und Wilhelm, K. Die Bäume und Sträucher des Waldes. Abt. I, Die Nadelhölzer. Wien 1893.

31. Hildebrand, F. Der Bau der Coniferenspaltöffnungen und einige Bemerkungen über die Verteilung derselben. Bot. Zeitg. 1860. S 149—152.

32. Hoehnel, F. von. Über die Transpirationsgrössen der forstlichen Holzgewächse mit Beziehung auf die forstlich-meteorologischen Verhältnisse. Mitteil. aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs. Bd. II, 1. 1879.

33. — — Weitere Untersuchungen über die Transpirationsgrösse der forstlichen Holzgewächse. Das. Bd. II, 3. 1880.

34. Honda, S. Einfluss der Höhenlage der Gebirge auf die Veränderung des Zuwachses der Waldbäume. Allg. Forst- und Jagdzeitung. 1892. S. 361.

35. Jaennicke, F. Die Eibe (Taxus baccata L.) 33.—36. Ber. üb. d. Tätigkeit des Offenbacher Ver. f. Naturk. 1895. S. 1 24. — 37.— 42. Ber. 1901. S. 31—86.

36. Kienitz, M. Vergleichende Keimversuche mit Waldbaum-Samen aus klimatisch verschieden gelegenen Orten Mitteleuropas. Bot. Unters. herausgeg. von N. J. C. Müller. Bd. II, 1. 1879. S. 1—54.

37. — — Über Formen und Abarten heimischer Waldbäume. Berlin 1879.

38. Korschelt, P. Über die Eibe und deutsche Eibenstandorte. Tharander forstl. Jahrb. 1897. S. 107—172.

39. Krasan, F. Beobachtungen über den Einfluss standörtlicher Verhältnisse auf die Form variabler Pflanzenarten. Mitteil. d. Naturw. Ver. f. Steiermark, 1894. S. 296—309.

40. Kronfeld, M. Bemerkungen über Coniferen. Bot. Centralbl., Bd. 37. 1889. S. 65—70.

41. Lorey, T. Ertragstafeln für die Weisstanne. 2. Aufl. Frankfurt a. M. 1897.

42. Lowe, J. The Yew-trees of Great Britain and Ireland. London 1897.

43. Mahlert, A. Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Laubblätter der Coniferen mit besonderer Berücksichtigung des Spaltöffnungs-Apparates. Botan. Centralblatt, Bd. 24. 1885. S. 54, 85, 118, 149, 180, 214, 243, 278, 310.

44. Masters, M. T. Review of some points in the comparative morphology, anatomy and life-history of the Coniferae. Journ. Linn. Soc. Vol. 27. 1890, p. 226—332

45. May, K. J. Die Lebensdauer der Nadeln bei einigen immergrünen Nadelhölzern. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1894. S. 648—660.
46. Mayr, H. Das Harz der Nadelhölzer, seine Entstehung, Verteilung, Bedeutung und Gewinnung. Berlin 1894.
47. Meissner, R. Studien über das mehrjährige Wachsen der Kiefernadeln. Botan. Zeitung. Bd 52. 1894. I. Abt. S. 55—82.
48. Mer, E. Recherches sur les causes d'excentricité de la moëlle des sapins. Revue des eaux et forêts. 1889.
49. — — Sur les causes de la variation de la densité des bois. Bull. Soc. Bot de France, t. 39. 1892.
50. Metzger, A. Der Wind als massgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener forstl. Hefte. III. 1893.
51. — — Studien über den Aufbau der Waldbäume nach statischen Gesetzen. Daselbst, V, VI. 1894.
52. Moeller, J. Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes. Wien 1876.
53. — — Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882.
54. — — Anpassungserscheinungen im Bau der Rinde Kosmos, Bd. 12. 1882. S. 16—22.
55. Noack, F. Der Einfluss des Klimas auf die Cuticularisation und Verholzung der Nadeln einiger Coniferen. Jahrb f. wissensch. Botanik. Bd. 18. 1887. S. 519—529.
56. Nobbe, F. Über die Keimungsreife der Fichtensamen. Tharander forstl. Jahrb. 1874 und 1881.
57. — — Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer. Landwirtsch. Vers.-Stationen. Bd. 18. 1875 S. 279—295.
58. Resa, F. Über die Periode der Wurzelbildung. Dissert. Bonn 1877.
59. Richard, L. C. M. Commentatio botanica de Conifereis et Cycadeis. Stuttgardiae, 1826.
60. Sanio, C. Anatomie der gemeinen Kiefer. Jahrb. f wissensch. Botanik. Bd. 9. 1873. S. 50—126.
61. Saranw, G. F. L. Rodsymbiose og Mykorrhizer saerlig hos Skovträerne. Botanisk Tidsskrift. Bd. 18. 1893.
62. Schenck, H. Über Jugendformen der Gymnospermen, speziell von Larix europaea. Verh. d. Naturw. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. 50. Jahrg Bonn 1893. S. 27—38.
63. — — Über alte Eiben im westlichen Deutschland, im besonderen die Eibe am oberen Schloss zu Siegen. Das. 59. Jahrg. Bonn 1902. S. 33—48.
64. Schröder, J. Beiträge zur Chemie des Holzes. Tharander forstl. Jahrb. Bd. 24. 1874. S. 52.
65. — — Zur Kenntnis des Mineralstoffgehaltes der Tanne. Suppl. z. Tharander forstl. Jahrb. 1878. S. 97.
66. Schröter, C. Über die Vielgestaltigkeit der Fichte. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 43. 1898, Heft 2 u. 3.
66a. Schuberg, K. Aus deutschen Forsten. I. Die Weisstanne bei der Erziehung in geschlossenen Beständen. Tübingen 1888.
67. Schumann, C. G. R. Anatomische Studien über die Knospenschuppen von Coniferen und dikotylen Holzgewächsen. Cassel 1889.
68. Schumann, K. Über die weiblichen Blüten der Coniferen Verh. d. Bot. Ver. der Prov. Brandenburg. Jahrg. 44. 1902. S. 5—80.
69. Schwappach, A. Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände. Berlin 1899.
70. — — Neuere Untersuchungen über Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene. Berlin 1896.
71. — — Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte, Weisstanne, Weymuthskiefer und Rotbuche. Berlin 1898.

72. Schwarz, F. Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin 1899.
73. Strasburger, E. Die Bestäubung der Gymnospermen. Jenaische Zeitschr. Bd. 6. 1871. S. 249—262.
74. — — Die Coniferen und die Gnetaceen. Jena 1872.
75. Stutzer, E. Die grössten, ältesten oder sonst merkwürdigen Bäume Bayerns. München 1900—1901.
76. Thomas, F. Zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 4. 1865/66. S. 23—63.
77. Tschirch, A. u. Faber, E. Experimental-Untersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei einigen Abietineen. Archiv der Pharmacie. 1901. S. 249.
78. Tubeuf, C. von. Beitrag zur Kenntnis der Morphologie, Anatomie und Entwickelung des Samenflügels bei den Abietineen. 12. Ber. d. Bot. Ver. in Landshut, 1892.
79. — — Die Haarbildungen der Coniferen. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. Bd. 5. 1896. S. 109, 125, 173.
80. — — Die Nadelhölzer, mit besonderer Berücksichtigung der in Mitteleuropa winterharten Arten. Stuttgart 1897.
81. Weise, W. Ertragstafeln für die Kiefer. Berlin 1881.
82. Wieler, A. Über die Periodicität in der Wurzelbildung der Pflanzen. Forstwissensch. Centralblatt. Bd. 16. 1894. S. 333—349.

1. Familie. **Taxaceae.**

1. Gattung. **Taxus L.**

1. Taxus baccata L., Eibe. (Bearbeitet von Schröter und Kirchner.)

Die Eibe ist ein symbiotropher immergrüner Baum, der ein sehr hohes Alter, aber keine sehr bedeutende Höhe erreicht; als Maximalhöhe sind 17,4 m bei einer Eibe von Harlington bei Hounslow bekannt (42).

Sie findet sich in Mitteleuropa auf den verschiedensten Gebirgsformationen, doch gilt sie vielfach als kalkstet: in Thüringen kommt sie (224) ausschliesslich auf dem zum Muschelkalk gehörigen Wellenkalk vor, nach Zeiske[1]) fehlt sie im Ringgau auf Kieselboden und findet sich nur dem Kalk-Laubwald beigemischt, im südöstlichen Schiefergebirge Niederösterreichs verhält sie sich nach Woloszczak[2]) ebenso. Dagegen wächst sie anderwärts auch auf Gneiss und Serpentin. Kerner (92) hat die Asche dreier auf Kalk, Gneiss und Serpentin gewachsener Exemplare verglichen und folgendes Verhältnis von Kalk und Magnesia darin gefunden:

	auf Serpentin	Kalk	Gneiss
Kalk	16,1	36,1	30,6 %
Magnesia . . .	22,7	5,1	5,7 %
	38,8	41,2	36,3 %.

Daraus zieht Kerner den Schluss, dass die Bittererde den Kalk gewissermassen vertreten kann. In der Schweiz findet sich *Taxus* häufig an steilen sonnigen Kalkwänden, aus Spalten hervorwachsend oder auf Absätzen wurzelnd, so am Nordufer des Walensees, an der Axenstrasse und vielfach im Jura. Er fehlt aber auch im Gneissgebiet des Tessin nicht (bei Locarno z. B.) und gedeiht auf dem Porphyr am Luganersee vortrefflich.

[1]) Zeiske, M. Die Wald- und Gebüschformation des Ringgaus. Abh. u. Ber. d. Ver. f. Naturkunde in Kassel, 1897—1898. Kassel 1898.

[2]) Woloszczak, E. Nachtrag zur Flora des südöstlichen Schiefergebirges von Niederösterreich. Verh. d. zool.-bot. Ges. Wien 1873. S. 539.

Gegen Fröste ist die Eibe empfindlich: Du Hamel du Monceau berichtet von grossem Schaden, der durch den strengen Winter von 1709 unter den Eiben



Fig. 1. *Taxus baccata.*
Eibe auf dem Gerstler bei Burgdorf, Kant. Bern; (nach dem Schweizerischen Baumalbum). Es ist dies die grösste, schönste und wohl auch älteste [Eibe der Schweiz. Sie wurzelt in Lehmboden mit Süsswassermelasse als Untergrund und steht in kräftigstem Wachstum. Die Höhe des Baumes beträgt 15 m, der Umfang des Stammes am Boden 4 m, in 1,20 m Höhe noch 3,60 m.

angerichtet wurde [1]); während des kalten Winters 1879/80 erfroren in der Schweiz, in der Rheinebene, Hessen, Thüringen u. a. O. zahlreiche kultivierte Taxusbäume, während andere einheimische Nadelhölzer sich als frosthart erwiesen.

Die Eibe tritt vorzugsweise als Unterholz in geschlossenen Waldbeständen auf. Sie ist unter allen einheimischen Waldbäumen der im höchsten Grade schattenertragende, der das grösste Mass von Bestandesdichte erträgt (30). Gegen lange andauernde Beschattung soll sie dagegen nach Jaennicke (35) empfindlich sein. Andererseits vertragen namentlich die jungen Pflänzchen keine starke Besonnung; Saat und Verschulung sollen deshalb unter Schutzholz vorgenommen werden. Wie sich bei diesen Erfahrungen die oben erwähnten Standorte an steilen, südlich exponierten Kalkfelsen erklären, bleibt noch zu untersuchen.

Die Standorte der Eibe sind vorzugsweise Wälder auf frischem, besonders kalkhaltigem Boden, aber auch Felsen in sonniger Lage, wo der Baum in Strauchform einzeln aus Felsspalten aufwächst. Die Angaben Lowes (42) zeigen, dass die spontan gewachsenen Eiben Englands besonders auf felsigem Terrain, in Geklüft, sowie an Berghängen vorkommen. Sie liebt nach Krasan (39) die Felsen, „da in deren Spalten die Wurzeln am besten gegen raschen Wärmeverlust geschützt sind, und sie liebt den Waldesschatten, weil die Baumkronen am besten die nächtliche Ausstrahlung verhindern.“ Ob nicht ebenso gut die stete Feuchtigkeit der Felsspalten und die verminderte Transspiration im Walde dafür verantwortlich gemacht werden können (bei dem mesophytischen Anpassungscharakter des Baumes), scheint noch fraglich.

Die Eibe ist verbreitet (nach der Synopsis von Ascherson und Graebner):

In unserem ganzen Gebiet, besonders im Bergland Mittel- und Süddeutschlands (inkl. Belgien, Oberschlesien und Südpolen), im Alpen- und Karpathen-System (vorzugsweise, aber nicht ausschliesslich auf kalkreichem Boden); weniger verbreitet im nördlichen Tiefland; westlich der Elbe nur im Krelinger Bruch bei Walsrode, Provinz Hannover; verbreitet an der Südküste der Ostsee.

In Europa ausserhalb des Gebietes: Frankreich, britische Inseln, Dänemark, südliches Norwegen bis $62^1/_2{}^0$, Schweden bis 61^0, Esthland, Livland, Kurland, Russisch-Littauen, Wolhynien, Podolien, Krim, Kaukasus incl. Talysch, untere Donauländer, Gebirge des Mittelmeergebiets und Südeuropa.

In Asien: Kleinasien, Amanus in Nord-Syrien, Nord-Persien, südwestliches China. In Afrika: Algier.

Höhengrenzen:

	untere Grenze	obere Grenze
Alpen:		
bayerische	373 m	1144 m
Schweiz	—	1400 „
Bayerischer Wald	—	1116 „
Karpathen, Siebenbürgen . .	—	1623 „
Pyrenäen	—	1623 „
Südspanische Gebirge . . .	—	1948 „

Die Eibe war früher in Europa weit stärker verbreitet als gegenwärtig; wie es damit in andern Gebieten steht, ist nicht bekannt.

Ihr Rückgang macht sich in doppelter Weise geltend: 1. wo früher ausgedehnte zusammenhängende Bestände sich fanden, tritt sie nur noch vereinzelt auf; 2. manchenorts ist sie gänzlich verschwunden.

[1]) Du Hamel du Monceau. Traité des arbres et arbustes. Deutsche Übersetzung. Nürnberg 1763. Bd. II, S. 231.

Als Ursache dieses Rückganges gilt folgendes:

1. Eine frühere ausgedehnte Raubwirtschaft zur Gewinnung des trefflichen Bogenholzes; darüber siehe besonders bei Lowe (42) und Jaennicke (35) viele interessante Angaben.
2. Der vielfache Übergang von der Plänterwirtschaft zum Kahlschlag, bei welchem die Eibe keinen Platz findet.
3. Ihre Unterdrückung durch die Forstwirtschaft wegen zu langsamen Wuchses.
4. Ihre starke Dezimierung durch das Wild, weil sie wintergrün ist: auf der Insel Inch Lonaig in Schottland fehlt in einem ausgedehnten Eibenforst der Nachwuchs, seit ein Rudel Hirsche eingeführt wurde, der ihn immer wieder zerstört (42).
5. Die von Willkomm (**224**) gemachte, von ihm übrigens angezweifelte Angabe, wonach die Samen von keinem Vogel berührt und also auch nicht verbreitet werden sollen, steht mit so zahlreichen gegenteiligen Beobachtungen in Widerspruch (vergl. S. 77), dass sie wohl auf einen Irrtum zurückgeführt werden muss. So beobachtete Dodel Reste gefressener Samen, Lowe macht Mitteilungen über das Fressen der Hüllen und das Liegenlassen der Samen durch Vögel, und nach einer von Prof. Vogler-St. Gallen mitgeteilten Beobachtung des Herrn de Blonay in Lausanne traten in dessen Garten unter einer Ceder massenhaft Taxuskeimlinge, spontan aus Samen aufgegangen, auf, welche die Vögel verschleppt hatten. Auch die auf Felsabsätzen so häufig wachsenden Bäume werden wohl durch Vögel angesiedelt sein.

Nähere Angaben über die interessante Frage der hier nicht im einzelnen zu verfolgenden früheren weiten Verbreitung und die Ursachen des Rückganges findet man unter anderem bei Conwentz (12), Lowe (42), Jaennicke (35), Korschelt (38), Willkomm (224).

Fig. 2. *Taxus baccata.*
Keimung und Keimpflanze; 1:1.
A ganzer Same im Beginn der Keimung.
B Endosperm und Keimling im Längsschnitt.
C Keimpflanze.
(A und B nach Dodel, C nach Lubbock.)

Die Keimung erfolgt nach Typus 3 von Klebs (**101**): zwei oberirdische Kotyledonen; Hauptwurzel vom ersten Austritt aus dem Samen an lebhaft wachsend; das Hypokotyl schafft die Kotyledonen aus dem Samen über die Erde; der Wurzelhals ist nicht oder nur wenig verdickt, und das Endosperm ist ausgezeichnet durch ein selbständiges Wachstum (letzteres nach Tscherning).[1]

Im einzelnen sind die Vorgänge folgende (Dodel [17], Tscherning):

Wenn der Same im feuchten Boden liegt, so wird durch das Wachstum des Endosperms die Samenschale gesprengt; sie reisst meist vom Wurzelende des Keimlings an längs der beiden Längskanten auf (Fig. 2 A). Das Wurzelende wird durch rasche Streckung herausgeschoben, krümmt sich abwärts in die Erde und wird zur kräftigen absteigenden Pfahlwurzel, welche rasch Seitenwurzeln erzeugt. Dann strecken sich die 2 Kotyledonen, schieben ihre Basen mit der dazwischen liegenden Stengelspitze hinaus, bleiben aber mit ihren mittleren und obern Teilen noch so lange im Endosperm eingeschlossen, bis dieses ausgesogen

[1] Tscherning. Untersuchungen über die Entwicklung einiger Embryonen bei der Keimung. Dissert. Tübingen 1872.

ist (Fig. 2 B). Das hypokotyle Glied verlängert sich stark, macht ein scharfes, aufwärts gerichtetes Knie, welches den Boden durchbricht und endlich die Kotyledonen herauszieht. Dabei werden nach Hartig (29a) häufig auch die Samenhänte kappenförmig mit emporgenommen. Dann streckt sich das hypokotyle Glied gerade, die beiden Kotyledonen breiten sich aus und fungieren als erste Laubblätter.

Der Keimling (Fig. 2 C) hat eine fleischige, farblose, wenigfasrige Hauptwurzel und ein aufrechtes, rundes, kahles, bald verholzendes Hypokotyl. Die Kotyledonen sind den Nadeln der erwachsenen Pflanze sehr ähnlich, haben aber eine stumpfe oder gekerbte Spitze, sechs Farbstoffgänge und führen die Spaltöffnungen auf der obern Seite (186). Das Stämmchen ist grün und durch die Nadelkissen kantig. Die auf die Kotyledonen folgenden Primärnadeln sind nach Lubbock (125) gegenständig, mit ungleich entwickelten Paarlingen, nach v. Tubeuf (186) spiralig, selten decussiert; sie gleichen im übrigen völlig den Folgeblättern: die Entwicklung ist also eine homoblastische, Jugend- und Folgeform kaum verschieden. Als Schutzmittel des Keimlings ist nur das reiche Nährgewebe zu erwähnen; andere sind nicht bekannt.

Die erwachsene Pflanze zeigt folgende ökologische Erscheinungen:

Die Bewurzelung (Fig. 3) ist eine tiefgehende. Die Faserwurzeln sind verschieden gebaut, entweder ganz ohne Wurzelhaare (Fig. 3 A) oder mit reich-

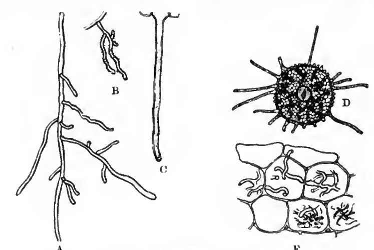


Fig. 3. *Taxus baccata.* Bewurzelung.
A Saugwurzeln einer jungen Pflanze; Wurzelhaare beinahe fehlend. B ebenso, von derselben Pflanze, aber mit starker Ausbildung der Wurzelhaare; 1:1. C Einzelnes Wurzelhaar, fein punktiert; 30:1. D Querschnitt durch ein Saugwürzelchen mit endotropher Mykorrhiza (die dunkeln Zellen!) und Wurzelhaaren; 20:1. E Endotrophe Mykorrhiza; 200:1. (Orig. Sch.)

lichen Wurzelhaaren versehen (Fig. 3 B, C). Eine endotrophe Mykorrhiza hat zuerst Sarauw (61) nachgewiesen und v. Tubeuf (79) bestätigt; in Zürich (Garten der landw. und forstw. Schule) auf kräftigem Tonboden fand Sch. Faserwurzeln ohne Mykorrhiza und ohne Haare, und Wurzeln mit Mykorrhiza und mit Haaren (Fig. 3, D und E). Über die Periodizität des Wurzelwachstums ist nichts bekannt.

Der erstarkende Keimspross bleibt zeitlebens die Hauptachse des Baumes. Die Blüten treten niemals an der primären Achse auf, die Pflanze ist mindestens dreiachsig. Seitenknospen entstehen aus zahlreichen Blattachseln; normal entwickeln

sie sich hauptsächlich am obern Ende des Jahrestriebes, nach Hofmeister[1]) nur über den 2—5 obersten Nadeln desselben; ich fand Seitensprosse an kräftigen Trieben auch viel weiter unten, bei den orthotropen Sprossen ringsherum, bei den dorsiventralen Seitensprossen vorzugsweise an den Flanken. Am Hauptspross ist Prolepsis eine nicht gerade seltene Erscheinung: man sieht häufig den Endtrieb schon im ersten Jahre sich verzweigen.

Die Ausschlagsfähigkeit des Baumes ist enorm: überall ist er bereit, aus schlafenden Augen (Proventivknospen) und bei Verstümmelungen auch aus Sekundärknospen, Wasserreiser zu erzeugen. Bald sitzen sie reihenweise auf der Oberseite stärkerer Seitenäste, bald entspringen sie dichtgedrängt dem Stamm und überziehen ihn völlig mit einer grünen Hülle. Bei Verlust des Gipfeltriebes tritt meist nicht ein einzelner Ersatztrieb, sondern ein ganzes Büschel an seine Stelle. Auch Adventivknospen vermag *Taxus* zu bilden und Stamm- und Stocklohden zu treiben. Wurzelbrut bildet er nicht, wohl aber Senker aus niederliegenden Basalzweigen. Auch lässt er sich leicht durch Stecklinge und sogar armsdicke Setzstangen vermehren (224). Seine vegetative Vermehrungsfähigkeit ist also ganz ausserordentlich; daher auch seine Lebenszähigkeit.[2]) Dieselbe drückt sich auch durch die Verpflanzbarkeit in jedem Lebensalter aus, „die durch zahlreiche Beispiele zu Elvaston Castle erwiesen ist, wo Bäume von 6—12 m Höhe aus Entfernungen bis zu 50 Kilometer versetzt worden sind (35).“



Fig. 4. Schematischer Schnitt durch eine alte Eibe bei Tintern, England. (Nach Lowe.)

Um den abgestorbenen Hauptstamm haben sich 2 Kreise von Tochterstämmen gebildet, die später zusammenwachsen werden.

Über die Stammbildung im höheren Alter hat namentlich Lowe (42) an zahlreichen alten englischen Eiben sorgfältige Untersuchungen angestellt. Darnach haben alte Eiben meist einen aus mehreren Stämmen verwachsenen „Scheinstamm“; betrachtet man denselben irrtümlicherweise als einfach, so wird das Alter natürlich bedeutend überschätzt. Das ist eine Hauptfehlerquelle bei der Beurteilung des Alters bejahrter Eiben! Nach Lowes Beobachtungen hat die Eibe höchstens bis zu 200—250 Jahren ihres Alters einen einfachen Stamm; ältere Eiben zeigen stets Scheinstämme. Wird der noch intakte Stamm der Eibe zerstört oder beschädigt, was in 100 Jahren mindestens einmal vorkommt, dann erheben sich meist dicht an dessen Basis und oft rings um dieselbe zahlreiche Wurzelschösslinge oder frische Triebe aus Adventivknospen, welche nach einiger Zeit mit einander verwachsen. Bei Tintern steht am Wege nach der Wyndcliff eine Eibe, die ein lehrreiches Beispiel in dieser Hinsicht bietet. Der 30 cm Durchmesser haltende, etwa 60—70 Jahre zählende Stamm

[1]) Hofmeister, W. Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig 1868. S. 430.

[2]) Seine Eignung zum Verschneiden ist bekannt. Er war ein beliebtes Opfer des Zopfstils unserer Gärten; Abbildungen siehe bei Veitch (Manual of the Coniferae), Lowe (42), Loudon (Arboretum et fruticetum britannicum). Als dichte dunkle Hecke ist er noch heute, namentlich in England beliebt; Lowe erwähnt u. a. eine 50 m lange, 4 m hohe und 2 m dicke Taxushecke auf Pewsey (Wiltshire, England).

ist seit etwa 15—20 Jahren tot, aber von 2 Kreisen junger Bäume von 6—10 cm Durchmesser umgeben, deren innerer — 8 Stämmchen — sich unmittelbar an den toten Stamm anlehnt, während der äussere Kreis von 11 Stämmchen den innern etwas weniger dicht umgibt. Die Bäumchen stehen aber doch einander so nahe, dass sie im Laufe von 50—60 Jahren zu einem einzigen Stamm verwachsen sein werden, dessen Durchmesser dann nach gewöhnlicher Rechnung auf etwa 400 Jahre und darüber deuten würde, während er in Wirklichkeit nur 150 Jahre alt ist. Der Gesamtdurchmesser beträgt jetzt 1,45 m. (Fig. 4.)

Sehr häufig sind im Innern alter Eibenstämme (oder Scheinstämme!) weite Höhlungen. In der umfangreichen Tabelle von Lowe (35) finden sich u. a. folgende Fälle:

England:

Nr. 8. Llangeitho, Cardigan; 1,36 m Durchm. in 1 m Höhe: Hohl, Inneres als Kohlenbehälter für die Küche verwendet!

„ 128. Tisbury, Wilts.; 3,59 m Durchm. in 1 m Höhe: Hohl, 17 Personen frühstückten darin.

Normandie:

Nr. 4. La Haye de Routot, Dep. Eure; 3 m Durchm. in 1 m Höhe: Hohl, innen eine Kapelle.

„ 10. Estry, Calvados; 3,20 m Durchm. in 1 m Höhe: Ganz hohl, auffallend üppig belaubt. Eingang 1,50 m breit, ausserdem schmälere Spalten.

Bemerkenswert sind auch die von Lowe wiederholt zitierten Fälle von Ausfüllung hohler alter Eiben durch Wurzeln (Nr. 10 seiner Liste: Hohl! Innen mächtige Wurzeln; Nr. 51, 66, 73, 81, 89: Hohl, im Innern viele Wurzeln; Nr. 131, ein Baum von 3,1 m Durchm. war vor 50 Jahren ganz hohl, ist aber jetzt von Wurzeln wieder vollständig ausgefüllt!)

Das Längenwachstum der Triebe ist ein ausserordentlich langsames, 25—30 mm bis zum 6. Jahr, dann etwas stärker, aber viel schwächer als bei allen andern europäischen Nadelhölzern (242). Bei Freistellung jüngerer Pflanzen bleibt der Wuchs bisweilen strauchartig; so fand Willkomm[1]) am Gipfel des Puig de Torella auf Mallorca einen völlig zwerghaft gebliebenen, alten Taxusbusch.

Auch der Dickenzuwachs ist sehr gering. Nach Messungen von Röse[2]) an einem jüngeren (I) und einem älteren (II) Stammstück verlangsamt sich das Dickenwachstum vom 60. Lebensjahre an beträchtlich, wie folgende Zahlen zeigen:

	Jahresperiode	Durchschnitts-Jahrringbreite
I	Vom 1.— 20. Jahre	0,32 mm
	„ 20.— 50. „	1,2 „
	„ 50.— 60. „	0,82 „
II	Vom 60.—100. Jahre	0,45 mm
	„ 100.—150. „	0,36 „
	„ 150.—200. „	0,25 „ .

Diese Werte bleiben übrigens erheblich hinter den normalen zurück.

Schenck (63) gibt folgende Tabelle über mittlere Jahrringbreiten, welche die bedeutende Variation zeigen:

[1]) Willkomm, M. Spanien und die Balearen. Berlin 1876.

[2]) Röse, A. Taxus baccata L. in Thüringen. Bot. Zeitg. 1864. S. 298.

	Alter	Stammdurchmesser	Mittlere Ringbreite
1. Eibe von Dermbach[1]	210 Jahre	50 cm	1,190 mm
2. Ast einer Eibe in Frankfurt	51 „	18,5 „	1,814 „
3. Stamm der Darmstädter Sammlung I	36 „	10 „	1,389 „
4. „ „ „ „ II	37 „	10,3 „	1,392 „
5. Ast „ „ „ III	140 „	9,5 „	0,339 „
6. „ „ „ „ VI	113 „	9,5 „	0,42 „
7. Stamm aus der Orangerie in Darmstadt	130 „	24 „	0,923 „
8. Stamm aus Weilburg	143 „	23 „	0,804 „
9. „ von Allbach, Oberbayern . . .	247 „	38 „	0,769 „
10. „ „ Schell, Oberbayern . . .	350 „	44,5 „	0,635 „ .

Jaennicke (35) kommt unter besonderer Berücksichtigung der Angaben von Lowe u. a. zu dem Resultat, dass bei 30—40 cm Durchmesser nicht über-



Fig. 5. *Taxus baccata.*
Eibe zu Cherkley Court (nach Lowe); eine in England als „Blumenkohl-Eibe“ bezeichnete Spielart

schreitenden Stämmen eine mittlere Ringbreite von 2,50—2,75 mm anzunehmen sei, bei älteren dagegen eine solche von 2—2,25 mm; Schenck hält die Regel, dass die Eibe im hohen Alter langsameres Dickenwachstum erfährt, nicht für allgemein giltig. Jedenfalls stimmen die meisten Autoren in der Ansicht überein, dass die alten Eiben ganz bedeutend in ihrem Alter überschätzt wurden und noch werden, besonders aus dem angegebenen Grunde, dass sie meist einen aus mehreren Teilstämmen kombinierten Scheinstamm haben. Für die Bestimmung des Alters aus dem Durchmesser sind also sehr verschiedene Zahlen angegeben worden.

[1]) Die ersten 60 Ringe messen im Radius zusammen nur 23 mm, bei ca. 70 Jahren folgen die breitesten Ringe, welche an einer Stelle sogar fast 7 mm erreichen.

A. De Candolle stellte als Norm auf, dass der jährliche Durchschnittszuwachs des Durchmessers der Eibe für die ersten 150 Jahre etwas mehr, von da an etwas weniger als eine Pariser Linie (= 2,25 mm) betrage. Bei Ermittlung des Alters sehr alter Bäume wäre somit die Hälfte der Millimeter des Stammdurchmessers gleich der Zahl der Jahre. Willkomm (224) setzte als mittleren jährlichen Zuwachs 2,5 mm.

Der Stamm besitzt eine rotbraune, blätterige Rinde, später eine graubraune, in Platten sich ablösende Borke; das Holz ist hart und sehr schwer, sein spez. Gewicht beträgt im luftfreien Zustande 1,48—1,53, in der Reinasche ist der hohe Kalkgehalt (ca. $^{2}/_{3}$ der Gesamtasche) bemerkenswert[1]); das Kernholz ist von einer schön rotbraunen Farbe.

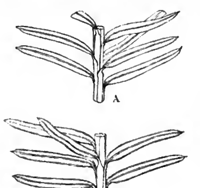


Fig. 6. *Taxus baccata.*
Stück eines dorsiventralen Seitentriebes.
A von oben, B von unten. 1 : 1.
Scheitelung der Nadeln durch Drehung des Stiels.
(Orig. Sch.)

Eine Arbeitsteilung der Sprosse in Langtriebe und Kurztriebe fehlt: es sind nur Langtriebe vorhanden.

Der Ablaufwinkel der Seitenäste ist sehr verschieden: die starken unteren Seitenäste haben die Tendenz, sich zu Sekundärwipfeln aufzurichten; nicht selten verwachsen schliesslich mehrere solcher Sekundärstämme mit dem Hauptstamm zu einem „Scheinstamm", der dann natürlich bedeutend jünger ist, als ein gleichdicker echter Stamm (63, 42). Die höher angesetzten Äste und Zweige zeigen meist offene Ablaufwinkel.

Die Internodialkurve ist wenig ausgeprägt: die untersten und obersten Internodien sind etwas kürzer als die mittleren.

Die Zweige zeigen deutliche Hypotrophie: auf der Oberseite sind die Interstitien zwischen den Nadeln und die Nadelkissen selbst schmäler als auf der Unterseite (Hofmeister, a. a. O.), die Holzkörper sind unten stärker verdickt, das Mark exzentrisch.

Die Blattstellungen sind folgende:
Kotyledonen wirtelig,
Primärblätter decussiert oder spiralig,
Folgeblätter spiralig, nach $^{5}/_{13}$ Stellung, bei schwächern Sprossen auch nach $^{3}/_{8}$.

Die Richtung der Nadeln ist verschieden an den orthotropen und plagiotropen Sprossen: an den aufrechten Trieben sind die Nadeln symmetrisch gebaut, nach allen Seiten abstehend, horizontal oder etwas aufgerichtet. An den horizontalen oder schiefen Seitensprossen sind sie durch Drehung ihres Stieles mehr oder weniger „gescheitelt", d. h. in eine (horizontale) Ebene geordnet; zugleich zeigen sie am Grunde fast stets eine Asymmetrie, die in einer sichelförmigen Krümmung innerhalb der Spreitenebene zum Ausdruck kommt (149). Alle Nadeln kehren ihre Oberseite nach oben, die Unterseite nach unten, so dass ein dorsiventraler Bau des Sprosses resultiert (Fig. 6, A und B).

Dabei zeigen sich folgende Übergänge an der Nadelstellung, in Zusammenhang mit der Richtung der Zweige (Fig. 7):

[1]) Thoms, G. in Ber. d. Versuchsstation Riga, Heft X, 1902, S. 246.

1. Streng radiäre Anordnung der Nadeln
   a) beim primären Hauptstamm (Fig. 7,1).
   b) bei aufrechten Sekundärwipfeln,
   c) bei kleinen Wasserreisern, welche aus schlafenden Augen auf der Oberseite horizontaler Äste oder am Stamm entstanden sind (Fig. 7,6). Solche gehen später häufig in die geneigte Lage über und zeigen

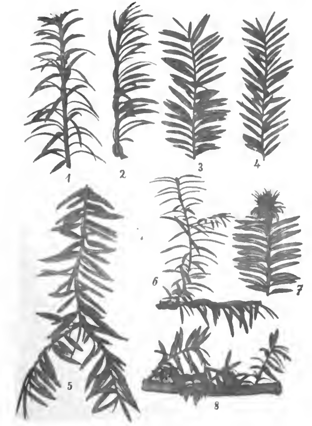


Fig. 7. *Taxus baccata* L. 1:2.

Anisomorphie der Sprosse und Abhängigkeit der Nadelanordnung von der Lage im Raum.
1. Orthomorpher (aufrechter und radiär gebauter) Endtrieb. 2. Halb dorsiventraler oberer Primärast. 3. Vollkommen dorsiventraler unterer Seitentrieb von oben; Nadeln in einer Ebene. 4. Derselbe von unten. 5. Herabhängender Seitentrieb aus dem innern des Baums mit ungeordneten Nadeln. 6. Orthomorpher Wasserschoss auf einem dorsiventralen Seitenast. 7. Radiär gebaute Galle von Cecidomyia taxi am Ende eines dorsiventralen Sprosses (Aufhebung der dorsiventralen Reaktionsfähigkeit durch den Gallenreiz). 8. Kleine Wasserschosse mit Übergang vom radiären zum dorsiventralen Bau. (Orig.-Phot. v. Sch.)

   dann Scheitelung der Nadeln, in allmählichem Übergang aus der radiären Anordnung entstanden (Fig. 7,8).
2. Streng dorsiventrale Ausbildung, Nadeln scharf gescheitelt, nahezu in einer Ebene liegend. Zum Unterschied von der Weisstanne sind hier

keine Differenzen in der Nadellänge zwischen dorsalen und ventralen Nadeln zu beobachten, da eine gegenseitige Beschattung nicht stattfindet; so bei horizontal gestellten Seitenzweigen. Die obersten Nadeln immerhin stellen sich so, dass die Knospen geschützt sind (Fig. 7, 3 u. 4).

3. Halbe Scheitelung, Zwischenform zwischen 1 und 2, bei schräg aufwärts wachsenden starken Seitenästen (Fig. 7, 2).
4. Ungeordnete Stellung bei schlaff hängenden Zweigen, wie sie im Innern älterer Bäume vorzukommen pflegen (Fig. 7, 5).

Es möge noch erwähnt werden, dass durch den Gallenreiz die Reaktionsfähigkeit der Blätter auf andere richtende Einflüsse aufgehoben wird. Die von *Cecidomyia taxi* Jnchb. befallenen Endknospen scharf dorsiventraler Triebe entwickeln sich zu durchaus radiär gebauten Blattbüscheln (Fig. 7, 7).[1]

Über die Ursachen der Heteromorphie der Sprosse liegen Untersuchungen von Frank (47) vor, welcher mit dorsiventralen horizontalen Sprossen folgende Versuche anstellte:

1. Horizontale Zweige, deren junge Seitentriebe eben in der Entwicklung begriffen waren (ihr Längenwachstum noch nicht beendigt hatten, aber an ihren ältesten Teilen schon Scheitelung zeigten), wurden an der lebenden Pflanze in vertikal aufrechter Stellung fixiert. Es zeigte sich folgendes:
   α) Der Terminalspross krümmte sich aus der vertikalen Lage im Bogen, so dass die jüngern Teile horizontal lagen, mit den Nadeloberseiten nach oben; dann wuchs er horizontal weiter.
   β) Die Seitenknospen, deren Längsachsen so wie so horizontal standen, deren Scheitelungsebene aber annähernd vertikal stand, drehten sich durch eine Achsendrehung auf dem kürzesten Weg um 90°, um die Scheitelungsebene in die Horizontale zu bringen, also die rechten Seitensprosse linksum, die linken rechtsum.
2. Analoge Sprosse wurden in vertikal geneigter Stellung fixiert.
   α) Die Terminalsprosse krümmten sich aufwärts, bis die erhobenen Teile wagrecht standen.
   β) Die Seitenknospen verhielten sich wie oben.
3. Die Sprosse wurden in ihrer horizontalen Lage belassen, aber umgewendet, so dass die ursprüngliche Unterseite nach oben zu liegen kam. Hier erfolgte bei allen Sprossen eine Achsendrehung um 180°, so dass die ursprüngliche Lage wieder hergestellt wurde.
4. Die Experimente 1—3 wurden wiederholt mit neuen Trieben, die noch im Knospenzustand waren, also noch keine Scheitelung und keine Differenz zwischen Unter- und Oberseite zeigten. Hier krümmten sich die austreibenden Triebe horizontal in jeder beliebigen Ebene, und die Scheitelung erfolgte dann nachträglich in der Horizontalen.
5. Die Experimente wurden mit demselben Erfolg im Dunkeln wiederholt.

Frank schliesst aus seinen Versuchen, „dass die Zweige der untersuchten Coniferen unter allen Umständen durch entsprechende Krümmungen wagrechte Stellung einnehmen, wenn sie vor oder während der Periode ihres Längenwachstums in eine andere Richtung gebracht werden, und dass diese Krümmungen auch bei völligem Ausschluss des Lichtes stattfinden. Hervorgehoben sei noch-

[1] Diese Galle ist stellenweise sehr häufig: so um Zürich in Anlagen und auf dem Albis. Lowe fand 1889 zu Tintern bei Wyndcliffe fast alle Eiben reichlich mit Gallen besetzt und stark darunter leidend. Bemerkenswert ist, wie Jaennicke berichtet, dass das Insekt männliche Bäume zu meiden scheint.

mals, dass wenn die Coniferensprosse einmal vermöge der eigentümlichen Scheitelung und Wendung der Blätter die differente Organisation einer Ober- und Unterseite angenommen haben, jene Bewegungen in einer bestimmten Beziehung zu dieser Organisation stehen, indem stets die morphologische Oberseite des Sprosses zenitwärts zu liegen kommt. Wo durch Krümmungen allein diese Lage nicht erreicht werden kann, da helfen Achsendrehungen, welche den Spross, und zwar immer auf dem kürzesten Weg, in die natürliche Stellung versetzen. Kommt aber der Spross, noch ehe seine differente Organisation an der Ober- und Unterseite sich ausgebildet hat, in eine widernatürliche Lage, so wird, wenn sein Längenwachstum beginnt, zwar auch immer die wagrechte Stellung wieder eingenommen, aber ohne dass jetzt eine bestimmte Kante zur obern würde: es erfolgen nämlich die Krümmungen in beliebigen Ebenen und jene Achsendrehungen unter-

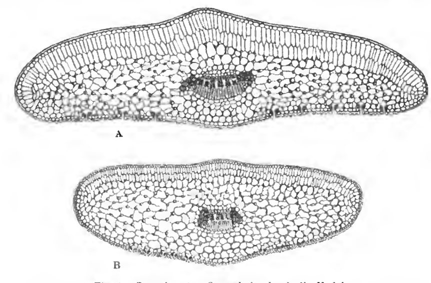


Fig. 8. *Taxus baccata.* Querschnitt durch die Nadel.
A Von einem Seitentriebe der langnadligen Varietät Dovastoni. B Von einem Gipfeltrieb der kurz- und dicknadligen Varietät epacridioides. 42 : 1. (Orig. Sch.)

bleiben. So bleibt der Spross in jedweder horizontalen Lage, in welche er gerade gelangt, und es erfolgt nun erst seine morphologische Differenzierung entsprechend der Stellung, die er jetzt zum Horizont einnimmt. Daraus geht aber hervor, dass nicht nur die Orientierung bei diesen Gestaltungsprozessen sich unmittelbar nach der jeweiligen Stellung des austreibenden Sprosses zum Horizonte richtet, sondern dass auch die Unterscheidung eines Oben und Unten, welche der Spross bei seinen durch Schwerkraft und Licht erregten Krümmungen und Achsendrehungen vornimmt, erst ein weiterer Ausfluss jener morphologischen Orientierung ist, dass mithin die Unterscheidungsgabe zwischen oben und unten durch die Wirkung der Gravitation selbst dem Sprosse beigebracht wird."

Goebel (55) drückt das so aus: Wir betrachten in den meisten Fällen die plagiotrope Richtung als das Primäre, die dorsiventrale Ausbildung als das Sekundäre.

Blattdauer: Die Nadeln sind immergrün und werden nach Lubbock (125) im Mittel 8 Jahre alt.

Der anatomische Bau der Nadel (Fig. 8) zeigt eine stark ausgeprägte Dorsiventralität; oben zwei Lagen Palissaden, bei den etwas klinotropen Nadeln dorsiventraler Seitenzweige oft schief gerichtet (Fig. 8 A), bei den hemiorthotropen Nadeln der orthotropen Sprosse senkrecht zur Oberfläche stehend (Fig. 8 B). Die Spaltöffnungen liegen in zwei Längsstreifen links und rechts vom Mittelnerv, durch Papillen geschützt. Dagegen fehlen die bei unsern andern immergrünen Coniferen vorkommenden Wachspfropfen in der Spaltöffnungsgrube völlig (geringe xerophytische Anpassung). Stereiden fehlen durchaus; *Taxus* hat das mechanisch am schwächsten gebaute Blatt unserer einheimischen Coniferen; nur die Knospenschuppen und der Blattstiel (s. unten) entwickeln mechanisches Gewebe. Es mag das mit der Schattenliebe des Baumes zusammenhängen. Ausser bei *Taxus* fehlt das sklerenchymatische Hypoderm nach Thomas (75) nur noch bei folgenden Coniferen: *Tsuga canadensis, Abies amabilis, Taxodium distichum, Glyptostrobus heterophyllus*. *Taxus* ist nach Noack (55) auch die einzige unserer immergrünen Coniferen, deren Nadeln ausser im Gefässbündel keinerlei Verholzung der Zellen zeigen.

Der Nadelstiel enthält, entsprechend seiner stärkern Beanspruchung, mechanisches Gewebe in Form von Collenchym, das rings herum hypodermal entwickelt ist, an den beiden Kanten etwas stärker; auch die Epidermiszellen sind stärker verdickt als in der Spreite.

Der Knospenschutz wird durch Knospenschuppen (Fig. 9) versehen, die als Hemmungsbildungen zu betrachten sind. Anatomisch zeigen sie eine schwache

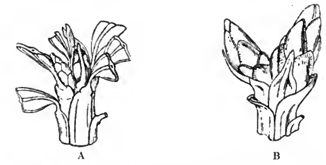


Fig. 8. *Taxus baccata.* Endknospe und oberste Seitenknospe eines Gipfeltriebes. 4 : 1. Durch die anliegenden oberen Nadeln wird der Knospenschutz verstärkt. Bei B ist der allmählige Übergang der Nadeln zu Schuppen deutlich zu sehen. (Orig. Sch.)

Differenzierung der Gewebe: Palissaden und Schwammgewebe sind nicht ausgebildet, Spaltöffnungen finden sich entweder nur auf der Oberseite der Schuppen, oder auch auf der Unterseite; *Taxus* ist die einzige Conifere, welche Spaltöffnungen an den Knospenschuppen zeigt (59). Die Gefässbündel sind rudimentär. Unter der Epidermis der Unterseite ist eine sonst fehlende Schicht mechanischer Zellen entwickelt (Fig. 10).[1] Verstärkt wird der Knospenschutz durch die anliegenden obersten Nadeln des Triebes (Fig. 9 A). Beim Austreiben bleiben die Knospenschuppen an der Basis des Triebes sitzen („tubuläre Deperulation“ nach Masters [44]). Die unteren verändern sich nicht, die obern aber verlängern sich zu dünnen weisslichen membranösen Blättchen, welche die jugendlichen Nadeln noch längere Zeit

[1] Grüss (59) bemerkt: „Harzgänge erscheinen nur selten.“ Ich konnte keine finden; es wäre sehr bemerkenswert, wenn das sonst völlig fehlende Harz in den Knospenschuppen allein aufträte!

bedecken und schützen. Der Übergang zu den Nadeln ist meist ein plötzlicher; seltener sieht man Zwischenbildungen, wo eine grüne Nadel an der Spitze in ein membranöses schuppenähnliches Läppchen übergeht.

Schutzmittel: Die Eibe ist unter allen Coniferen die einzige, welche des Harzes vollkommen entbehrt; ihre nächsten Verwandten, *Cephalotaxus* und *Torreya*, sind harzführend. Dagegen ist sie die einzige giftige Conifere. Sie enthält im Holz, Rinde, Blättern[1]) und Samen (aber nicht im fleischigen Arillus derselben) ein Alkaloid, das von Marmé Taxin genannt wurde (80). Nach Büsgen (17) vicariiert bei *Taxus* das Gift als Schutzmittel für das Harz der übrigen Coniferen. Es ist eine Nitrilbase von der Formel $C_{37}H_{52}O_{10}N$[2]) und wirkt nach Versuchen von Borchers (80) und Berthier (3) besonders giftig auf Säugetiere (bei Infusion sind 0.117 g in ³/₄ Stunden für Hunde, 0,026 für Katzen und 0,02 für Kaninchen tötlich). Besonders häufig werden Vergiftungenen von Pferden konstatiert, das Rindvieh scheint weniger empfindlich zu sein; wenigstens wird berichtet, dass in manchen Gegenden von Tirol die Bauern das Vieh an *Taxus* gewöhnen. Forstverwalter Landolt, Büren, Kanton Bern, berichtet: Auf den Weiden der Jurahöhe zwischen Börnigen und Romont ist die Eibe häufig und hat vom Rindvieh- oder Ziegenfrass ganz den Habitus der „Geissetannli" (= Verbissfichte) angenommen. (Mitteilung von Prof. Vogler-

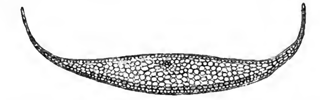


Fig. 10. *Taxus baccata*. Knospenschuppe im Querschnitt mit einer subepidermalen Schicht von Stereïden unter der äusseren Epidermis. 55 : 1. (Orig. Sch.)

St. Gallen). Über die Wirksamkeit des Taxins als Schutzmittel gegen Verbeissen durch das Wild widersprechen sich die vorliegenden Beobachtungen. Die meisten Forstmänner sind der Ansicht, dass Blätter und Früchte ohne Schaden von allen Wildgattungen abgeäst werden[3]). Auch Errera (41) gibt an, dass Weidetiere das Laub nicht verschmähen. Andere bestreiten dies; so will Pfizenmayer[3]) eine Rehgeiss und ihre Jungen infolge des Genusses von ca. 100 g Blättern verendet gefunden haben. (Sch.)

Die Eibe beginnt etwa mit dem 20. Lebensjahr blühbar zu werden und entwickelt ihre Blüten im zeitigen Frühjahr, im März oder April: in Wien durchschnittlich am 30. März (49), in Giessen am 20. April (79); an südlichen Standorten blüht sie bereits im Februar. In England wurde im warmen Winter 1881/82 ein um 24 Tage verfrühtes Ausstäuben des Pollens gegen die normale Blütezeit beobachtet[4]). Der Baum ist zweihäusig; nur als anscheinend seltene

[1]) Nach Revue des eaux et forêts 1894 sollen die jungen hellgrünen Nadeln noch nicht giftig sein, ebenso nach Cornevin (Des plantes vénéneuses. Paris 1887). Auch das Holz scheint weniger giftig zu sein; dafür spricht seine Verwendung zu Trinkgefässen, besonders in den Pyrenäen (42).

[2]) Hilger und Brande in Ber. d. d. chem. Ges. 1880, S. 464—468.

[3]) Vgl. Pfizenmayer, W., in Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. 1896. S. 141 u. 306.

[4]) Preston, H. W., in Journ. of Botany. New Ser. vol. XI, 1882, p. 161.

Ausnahme finden sich männliche und weibliche Blüten auf derselben Pflanze, bald so, dass (wie u. a. Sanio beobachtete) auf vorzugsweise weiblichen Exemplaren an einzelnen Zweigen männliche Blüten auftreten, bald (wie z. B. ein in den Hohenheimer Anlagen stehender Baum zeigt) in einer solchen Weise, dass männliche Exemplare einzelne mit lauter weiblichen Blüten besetzte Zweige hervorbringen, bald endlich so, dass anscheinend regellos auf benachbarten Zweigchen männliche und weibliche Blüten stehen, was ebenfalls bei einer in Hohenheim befindlichen Eibe der Fall ist. Die männlichen und die weiblichen Individuen zeigen geringe Unterschiede im Habitus, insofern als die männlichen im allgemeinen einen höheren Wuchs, längere Internodien und kürzere Blätter aufzuweisen pflegen. Die Angabe von Willkomm (**224**), dass die männlichen Bäume mehrere Jahre früher mannbar werden, als die weiblichen, fand ich an Pflanzen des Hohenheimer botanischen Gartens bestätigt, wo von einer Anzahl 12 Jahre alter Exemplare 3 männliche, aber noch kein weibliches Blüten trugen. Die Blüten beider Geschlechter stehen auf der Unterseite vorjähriger Zweige am Ende besonderer achselständiger und gestauchter, mit Hochblättern besetzter Sprosse. Sie werden infolge dieser Stellung während der Blütezeit vor Regen geschützt und zugleich durch die Blätter verborgen (68). An den blühbaren Pflanzen erzeugen zunächst gewisse Zweige in den Achseln ihrer unteren Blätter Blütensprosse, in den oberen dagegen Laubsprosse, während die Hauptaxe sich fortgesetzt noch weiter entwickelt; erst nach einigen Generationen erzeugen die Jahrestriebe bis zu ihrer Spitze Blüten, womit dann in der Regel auch die terminale Fortsetzung der Triebe abgeschlossen ist (**222**).



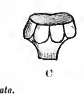


Fig. 11. *Taxus baccata.*
A männlicher Blütenspross, B Staubblatt von oben, C dasselbe von der Seite vor dem Aufspringen; 6 : 1. (Orig. K.)

Die männlichen, etwa 5 mm langen Blütensprosse werden im Herbst angelegt; sie endigen mit einer aus 6—15 Staubblättern bestehenden Blüte von gelblicher Farbe, welcher mehrere trockene, braungelbe Schuppenblätter vorausgehen. Diese sind durch ihren Bau und ihre Gestalt, durch die sie sich von den Schuppen der vegetativen Knospen unterscheiden, besonders dazu angepasst, den Blüten im Knospenzustand als schützende Hülle zu dienen (**55**). Die entwickelte Blüte (Fig. 11 A) zeigt die Form eines kugeligen Kopfes von ca. 4 mm Durchmesser und ist, wahrscheinlich infolge von einseitigem Lichteinfall, abwärts geneigt und hierdurch in eine für den späteren Ausfall des Pollens günstige Lage gebracht. Die Staubblätter haben die Gestalt eines gestielten Schildchens (Fig. 11 B und C), tragen an dessen Unterseite je 5—9 mit dem Stielchen und miteinander verwachsene Pollensäcke und schliessen vor dem Aufspringen mit ihren äusseren Endflächen dicht aneinander, wodurch die Pollensäcke in der Knospe ebenfalls geschützt werden. Bei der Reife öffnen sich die Pollensäcke von unten her durch einen eigenartigen Mechanismus, den man mit dem Aufspannen eines Schirmes vergleichen kann (Fig. 12). Auf der vertieften Mitte des Staubblatt-Schildes befindet sich nämlich eine anatomisch abweichend gebaute Gelenkstelle, welche eine Aufwärtsbewegung ermöglicht; beim Austrocknen reissen die Aussenwände der Pollensäcke an ihrer Basis auf und schlagen sich unter bedeutender Schrumpfung (Fig. 13) nach der Aussenseite der Blüte um, wobei der Pollen infolge der

Stellung der Staubblätter leicht zwischen diesen herausfallen kann (23). Dies geschieht jedoch nur bei trockener und besonders bei windiger Witterung, während bei feuchtem Wetter die Pollensäcke sich wieder schliessen, um den noch zurückgebliebenen Pollen vor Nässe zu bewahren (96), gegen welche er sehr empfindlich ist.

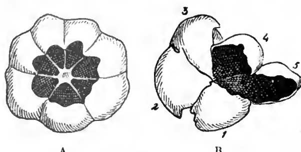


Fig. 12. *Taxus baccata.* Staubblätter während des Aufspringens, von unten gesehen. A beim Beginn der Schirmbewegung, B nach Ausführung derselben; die Pollensäcke 1, 2, 3 sind konkav zurückgeschlagen, 4 und 5 nur aufgerichtet. 16 : 1. (Nach Goebel.)

Wie alle Coniferen, so ist auch *Taxus baccata* in ausgezeichneter Weise windblütig. Der von den sehr zahlreichen männlichen Blüten in grossen Massen hervorgebrachte gelbliche Pollen wird nach dem Ausfallen aus den Antheren vom Winde auf weite Entfernungen mitgeführt, und man kann unter günstigen Umständen von männlichen Bäumen ganze Wolken von Pollen fortfliegen sehen. Die Pollenkörner (Fig. 14) haben eine unregelmässige, geschrumpfte, tetraedrische Gestalt, weisslichgelbe Farbe und einen Durchmesser von 0,025 bis

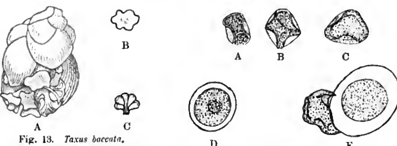


Fig. 13. *Taxus baccata.* A männlicher Blütenspross, B Staubblatt von oben, C dasselbe von der Seite; nach dem Aufspringen verschrumpft. 6 : 1. (Orig. K.)

Fig. 14. *Taxus baccata.* Pollenkörner. A—C frisch und ungequollen, D in Glyzerin gequollen, E in Wasser gequollen mit abgeworfener Exine. 575 : 1. (Orig. K.

0,030 mm, sie enthalten reichlich Stärke, ihre keimporenlose Exine ist mit kleinen Wärzchen dicht besetzt; die Intine ist sehr stark quellbar, sodass die Pollenkörner, wenn sie benetzt werden, in der Regel die Exine sprengen und abwerfen. An blühenden männlichen Pflanzen sah ich mehrere Male zahlreiche Honigbienen damit beschäftigt, den Pollen einzusammeln.

Die weiblichen Blüten werden ebenfalls im Herbst als Kurztriebe in den Blattachseln jüngerer Zweige angelegt und entwickeln sich im Frühjahr an der Spitze dieser Sprösschen, welche im Knospenzustande den Laubknospen ähnlich

sehen und in einer geringeren Anzahl als die männlichen Blüten an der Unterseite der Triebe zum Vorschein kommen. Der Blütenspross bildet zunächst ausser 2 quergestellten kleinen Vorblättern eine Reihe spiralig angeordneter bräunlicher Hochblattschuppen aus; in der Achsel einer bestimmten Schuppe, etwa der 8. oder der 13., erscheint die Anlage eines Seitensprosses, die den Vegetationskegel des Hauptsprosses zur Seite drängt und oberhalb von 3 rechtwinklig sich kreuzenden Paaren von weisslichen Hochblattschuppen an der Spitze eine einzelne aufrechte Samenanlage als nackte weibliche Blüte ausgliedert (73). Nach anderer Auffassung sind jedoch die Samenanlage nebst ihren 3 Hochblattpaaren und das kleine zur Seite gedrängte Knöspchen zwei einander gleichwertige Sprosse, die je mit einem Paar transversaler Erstlingsblätter einsetzen (68). Es sind daher auch Doppelblüten an den weiblichen Blütensprossen der Eibe nach Penzig eine häufige Erscheinung. Die ungemein primitive weibliche Blüte (Fig. 15) ist in natürlicher Lage nach abwärts geneigt, der Durchmesser der geschlechtsreifen grünlichen Samenanlage beträgt nur etwa $1^1/_2$ mm. Ihre Mikropyle ragt frei zwischen den obersten Schuppenblättern heraus und sondert zur Zeit der Empfängnisfähigkeit ein etwa 1 mm im Durchmesser haltendes kugeliges Tröpfchen von klarer wässeriger Flüssigkeit aus, welches dazu dient, den von den Luftströmungen herbeigeführten Pollen festzuhalten. Bereits Vaucher (187) hat dieses Tröpfchen beobachtet und gibt an, dass es die Pollenkörner der männlichen Blüten aufsauge; später haben Strasburger (73) und Delpino (32) gleichzeitig und unabhängig von einander dieselbe Beobachtung wieder gemacht. „Bei näherer Untersuchung", sagt ersterer, „zeigte sich jeder Tropfen dicht mit Pollenkörnern erfüllt. Allmählich verdunsteten die Tropfen; sie zogen sich in die Mikropyle wieder langsam zurück. Gegen Abend war von den Tropfen meist nichts mehr zu erblicken, die Pollenkörner dagegen konnte man nun im Innern der Samenknospe wiederfinden; sie waren hier bis auf den Nucellus gelangt, an dessen Spitze das Gewebe sich zu gleicher Zeit aufgelockert, ja zum Teil desorganisiert hatte, sodass die Pollenkörner leicht ihre Schläuche in dasselbe treiben konnten." Während Delpino anfänglich dieselbe Auffassung geäussert hatte, gab er später [1]) eine andere Darstellung, wonach die in den Flüssigkeitstropfen geratenen Pollenkörner wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes in die Höhe stiegen und dadurch ins Innere der Mikropyle einträten, was die abwärts geneigte Stellung der Samenanlagen erklären würde. Daran, dass die Tröpfchen an der Mikropyle wieder eingesogen werden, ist nicht zu zweifeln: ich beobachtete wiederholt, dass dies schon nach kurzer Zeit geschah, und Schumann hat (68) nachgewiesen, dass das Einsaugen durch die Druckdifferenz zwischen der Aussenluft und der in der Samenanlage befindlichen Binnenluft infolge von Temperaturerniedrigung, also unter natürlichen Bedingungen vorzugsweise gegen Abend oder zur Nachtzeit, eintritt. Hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit des Flüssigkeitströpfchens liess sich feststellen (21), dass es schwach sauer reagiert, wahrscheinlich eine Art Gummi und eine stark reduzierende Substanz aldehydartiger Natur enthält.

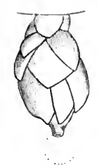


Fig. 15. *Taxus baccata*. Weiblicher Blütenspross im empfängnisfähigen Zustand mit dem Befruchtungstropfen auf der Mikropyle. 15 : 1. (Orig. K.)

Nach Eintritt der Befruchtung erhebt sich gegen Mitte Mai von der Basis des Integumentes her ein wallartiger Ring, welcher schon zur Zeit der Anthese

[1]) Delpino, F. Note ed osservazioni botaniche. Decuria seconda. Malpighia IV. 1890.

angelegt war und nun heranwachsend den aus der Samenanlage sich bildenden Samen von unten her als Samenmantel zu überwachsen beginnt und am halbreifen Samen ihn napfartig etwa zur Hälfte umgibt (Fig. 16). Der im Süden des Gebietes etwa im August bis September, im Norden im Oktober bis Anfang November reife Same ist von eiförmiger Gestalt und wird von einer schwarzbraunen, verholzten, aus dem Integument hervorgegangenen Samenschale überzogen; er ist dann von dem oben offenen, scharlachroten, zart bläulich bereiften Samenmantel zum grössten Teil umschlossen, sodass er den Eindruck einer beerenartigen Frucht macht (Fig. 17). Der Samenmantel besteht aus einem sehr saftigen, etwas schleimigen, süss schmeckenden und essbaren Gewebe. Eine Form mit goldgelbem Samenmantel, die in Irland wild wachsend beobachtet wurde, findet sich im Gebiet nur in Gärten angepflanzt. Der Same enthält ein reichliches ölhaltiges Nährgewebe, welches den farblosen, axilen, geraden, zylindrischen, mit dem Wurzelende der Mikropyle zugewendeten und mit 2 Kotyledonen versehenen Embryo umschliesst und schützt, ausserdem aber auch das in den Vegetationsorganen auftretende giftige Toxin, in geringerer Menge als die Blätter.

Der Samenansatz pflegt alljährlich reichlich zu sein; die reifen Samen hängen nach abwärts und fallen im Herbst zum grössten Teil von selbst vom Ende des Sprösschens ab, an dem die vergrösserten Schuppenblätter noch eine Zeit lang

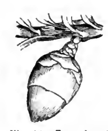


Fig. 16. *Taxus baccata.* Unreifer Same mit heranwachsendem Samenmantel. 3:1. (Orig. K.)

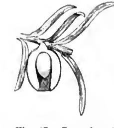


Fig. 17. *Taxus baccata.* Reifer Same nach Entfernung der vorderen Hälfte des Samenmantels. 1:1. (Orig. K.)



Fig. 18. *Taxus baccata.* Ein tauber, ohne Bestäubung entstandener Same. 2:1. (Orig. K.)

napfartig stehen bleiben; ihre Verbreitung erfolgt endozoisch durch Drosseln, Amseln und auch Motacilla-Arten, welche von der mit dem dunkelgrünen Laube wirkungsvoll kontrastierenden scharlachroten Fleischhülle angelockt, die Samen verschlingen, den fleischigen Samenmantel verdauen, die von der holzigen Samenschale geschützten Samen aber im unverdauten und keimfähigen Zustande wieder absetzen (K). Andere Vögel, wahrscheinlich Meisen, kleben, wie ich im Hohenheimer botanischen Garten bemerkte, die Samen in die Ritzen von Baumrinden und fressen den Samenkern aus, auch von verschiedenen Nagetieren wird den Samen so nachgestellt, dass trotz der reichlichen Samenbildung an den Standorten meist nur wenige junge Pflanzen zur Entwickelung gelangen (18). Die vollständigen Samen sinken im Wasser unter, wogegen sie ohne Samenmantel sich schwimmend erhalten. Zur Überstehung der Ruheperiode sind sie dadurch befähigt, dass sie selbst in vom Wasser durchtränkten Zustande mehrere Monate unverändert und ohne zu faulen verharren können (**148**); im 1. Jahre nach der Reife keimen sie fast gar nicht, im 2. Jahre keimen die meisten, im 3. Jahre nur noch wenige; trocken aufbewahrte Samen beginnen die Keimung noch später und behalten die Keimfähigkeit länger.

Die Eibe besitzt ein Fruchtungsvermögen, das bisher noch nicht bemerkt zu sein scheint, sich aber an einem in der Nähe von Sigmaringen, zwischen Bingen und Billafingen, ganz isoliert stehenden weiblichen Baume alljährlich beobachten lässt. Ein kleiner Teil der Samenanlagen dieses Baumes wächst ohne Bestäubung zu tauben Samen heran, welche keinen Samenmantel besitzen, die Gestalt einer vergrösserten Samenanlage zeigen (Fig. 18), 4—5 mm lang, 5 mm dick, und mit einer festen braunen Samenschale versehen sind, aber inwendig nur einige hautartig zusammengetrocknete Gewebereste aufweisen; andere entwickeln einen Samenmantel und enthalten ein Nährgewebe, bisweilen sogar einen verkümmerten Embryo (K).

2. Familie. **Pinaceae.**

2. Gattung. **Abies Mill.**

2. Abies alba Mill., Weisstanne. (Bearbeitet von Kirchner.)

Die Weisstanne gehört an ihren meisten Standorten zu unsern symbiotrophen Waldbäumen, da in der Regel ihre Saugwurzeln nur zu einem Teil lange fadenförmige Wurzelhaare zur direkten Aufnahme unorganischer Nährstoffe ausbilden, zum andern Teil aber zu Mykorrhizen umgestaltet sind. Der Baum ist in bezug auf Boden und Lage anspruchsvoll; er verlangt einen mehr tiefgründigen und humusreichen Boden als die Fichte, gemässigte Temperatur und einen ziemlich hohen Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre (**224**), obwohl er (32, 33) die geringste Transpirationsgrösse (in 1 Jahr auf 100 g Blatt-Trockensubstanz 7754 g Wasser) unter den miteinander verglichenen Nadelhölzern aufweist; damit steht im Einklange, dass der Wassergehalt frischer Weisstannenblätter (mit 57,52 % Wasser) der niedrigste unter den untersuchten Nadelhölzern ist (18). Das Temperatur-Optimum für die Atmung der beblätterten Zweige liegt nach Detmer[1]) bei 35°, das Maximum bei 45° C. Hinsichtlich des Wärmebedürfnisses lässt sich angeben, dass einerseits eine mittlere Wintertemperatur von — 4 bis — 6° C, eine mittlere Januartemperatur von — 4,5 bis — 6,5° C, eine mittlere Jahreswärme von + 5°, eine mittlere Temperatur des wärmsten Sommermonates von 15° und endlich ein Winterminimum von — 27° die untere Grenze, andererseits eine Mitteltemperatur des heissesten Monats von 20° und ein Maximum von 39° die obere Grenze für ein normales Gedeihen der Tanne darstellt. In weniger warmen Gegenden, namentlich wo die Mitteltemperatur des Januar oft unter — 5° C sinkt und Minima unter — 27° häufig vorkommen, erhält sie sich nur noch unter dem Schutze anderer Bäume, so besonders der Fichte und Buche (**224**). Gegen Temperaturwechsel ist sie sehr empfindlich und verliert in unserem Klima infolge von Spätfrösten häufig ihre Maitriebe.

Sie beansprucht einen frischen Boden; eine zu grosse Trockenheit der Luft und des Bodens, aber auch sumpfige Unterlage, sind ihrem Gedeihen hinderlich. Ohne gerade von der geognostischen Unterlage abhängig zu sein, kommt sie doch am besten auf einem an Silikaten reichen Lehmboden fort. Dass die Tanne dem Boden reichliche Nährstoffe entnimmt, ergibt sich aus dem Umstande, dass sie abgesehen von einem sehr geringen Kieselsäuregehalt an fast allen Mineralstoffen, sowohl im Holz wie in den Nadeln, reicher ist als die Fichte, und insbesondere an Kali und Phosphorsäure dem Waldboden grössere Mengen entzieht als diese. Nach den Berechnungen von Schröder und Weber werden durch die Holzernte im Tannenhochwaldbetrieb dem Boden pro Jahr und Hektar durchschnitt-

[1]) Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Bd. 10. 1892. S. 536 f.

lich 39,4 kg mineralische Nährstoffe, darunter 10 kg Kali, 4,7 kg Kalk und 3,08 kg Phosphorsäure entnommen. Durch 1 Festmeter Tannenholz wird dem Boden nahezu 3mal mehr Kali entzogen als durch die gleiche Quantität Fichtenholz. Hinsichtlich ihres Kali- und Phosphorsäurebedarfes nähert sich die Tanne der Rotbuche, erfordert dagegen sehr wenig Kalk. Sie liebt deshalb lehmhaltige oder kalkarme Böden (18).

Wo der Tanne Klima und Boden zusagen, wie z. B. auf Buntsandstein im württembergischen Schwarzwald, weist sie die Kiefer zurück und verdrängt ohne menschliches Zutun die Buche, gegen welche sie auf Urgebirgsboden geschützt werden muss. Im Schwarzwald bildet sie bei zusagenden Bodenverhältnissen wüchsige Bestände auf ebener Lage, ferner bei geneigter Bodenoberfläche in Nordwest-, Nord-, Nordost-, Ost- und Südostlagen, von den Talsohlen aus steigt sie auch auf die Süd-, Südwest- und Westhänge bestandbildend empor, und zwar um so höher, je enger das Tal ist[1]); in höheren Gebirgslagen, wie im bayerischen Wald und in den bayerischen Alpen bevorzugt sie die Südwest-, Süd- und Südostexpositionen.

Die Verbreitungsgrenze der Weisstanne (**221**) erstreckt sich von Spanien aus durch Navarra und die mittleren Pyrenäen, zieht sich durch die Auvergne und Bourgogne nach dem Ostabhang der Vogesen und verläuft von hier über Luxemburg, Trier, Bonn durch das südliche Westfalen, dann — nach der neusten kartographischen Darstellung von Drude[2]), welcher die Grenze viel weiter südlich legt, als Willkomm — in der Nähe des 51. Breitegrades sich haltend, über Hersfeld und Eisenach längs des Nordrandes des Thüringer Waldes (im Harz ist die Tanne nicht einheimisch!), von da über Glauchau, Rochlitz, Dresden, Bautzen und Görlitz (mit einer vorgeschobenen Insel bei Spremberg) nach dem südlichsten Zipfel der Provinz Posen; in Polen geht sie längs der Warthe bis Kolo, südlich von Warschau nach dem nördlichen Galizien, der Bukowina und den südöstlichen Karpaten; bei Orsowa überschreitet sie die Donau, zieht sich nördlich durch die Balkanhalbinsel und schliesst den nordwestlichen Teil Kleinasiens ein, um sich nach Westen durch Nordgriechenland zu wenden, trifft die Apenninen in Unteritalien und erreicht auf den Nebroden und dem Madonia-Gebirge auf Sizilien ungefähr unter 37° 45′ ihre südlichsten Punkte; weiter schliesst die Grenze Corsica ein und geht durch die Gebirge Cataloniens und Aragoniens nach Navarra zurück. Im grössten Teile ihres Verbreitungsgebietes findet sich die Tanne nur in den Gebirgen innerhalb eines Gürtels von verschiedener Höhenlage und Ausdehnung, „wie die Rottanne ein Baum der nordischen Flächen, so ist die Weisstanne ein Gebirgsbaum des Südens“ (**19**); sie findet sich z. B. in den Pyrenäen zwischen 1360 und 1950 m, in den Apenninen zwischen 800 und 1800 m, in den siebenbürgischen Karpaten zwischen 1200 und 1800 m, in der Tatra und im Böhmerwald nur bis 1100 m Wälder bildend; in der Schweiz steigt sie bis 1600 m, vereinzelt bis 1800 m, so im Bergell nach Geiger, im Schwarzwald und Jura bis 1300 m, im Riesengebirge bis 1200 m in die Höhe, im Norden ihres Gebietes wächst sie auch in der Ebene. In den Alpen tritt sie, einzeln auf Alpentriften stehend, als „Wettertanne“ auf, durch auffallend zahlreiche und starke Äste erster Ordnung und öfters mehrfache Bildung senkrecht aus den Seitenästen hervorwachsender sekundärer Gipfeltriebe sich auszeichnend. Krüppelformen bildet sie kaum: in stolzer Stammform schreitet sie bis an die Grenzmarken ihres Gebietes (**19**). Die grössten geschlossenen reinen Bestände bildet die Tanne in den Pyrenäen, in Südost-Frankreich, im Jura, in den Vogesen und im Schwarzwald, sonst kommt sie nur in kleineren Beständen horstweise oder eingesprengt, vorwiegend mit Buche und Fichte gemischt, vor. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Tanne vielfach

---

[1]) v. Uexküll-Gyllenband in Monatsschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1877. S. 15—24

[2]) Drude, O. Der hercynische Florenbezirk. Leipzig 1902.

aus ihrem ursprünglichen Herrschaftsgebiet durch forstliche Eingriffe, besonders durch den Kahlschlagbetrieb, verdrängt wurde. Für die nördliche Schweiz hat das neuerdings Arn. Engler[1]) nachzuweisen versucht; er bezeichnet das nordschweizerische Hügelland, die Vorberge und die tieferen und mittleren Lagen des Jura als das „Weisstannen- und Laubholzgebiet". Dass hier ehemals Weisstanne und Laubholz, und nicht die Fichte geherrscht haben, schliesst er u. a. aus dem im ganzen spärlichen natürlichen Fichtenanfluge und aus dem Fehlen des Fichtenholzes unter den Pfählen der Pfahlbaustationen Robenhausen und Greifensee. — Andererseits ist die Tanne vielfach nördlich von ihrer natürlichen Grenze (Rheinland, Westfalen, Harz u. s. w.) angepflanzt worden.

Als Waldgräser und Kräuter, welche im Jura den Weisstannengürtel begleiten, nennt Christ (19) *Elymus europaeus, Poa hybrida, Calamagrostis silvatica, Ranunculus lanuginosus, Libanotis montana, Laserpitium latifolium*, im Süden *Luzula flavescens, Calamagrostis Halleriana, C. tenella, C. neglecta, Lunaria redivira, Campanula latifolia, Listera cordata, Epipogon Gmelini, Coralliorrhiza innata, Epipactis microphylla, Aspidium montanum, Carex tenuis.* Die Begleitpflanzen des (aus Fichten und Tannen bestehenden) Tannenwaldes in den Alpen sind nach Christ: *Dentaria digitata, Rosa alpina* var. *abietina, Streptopus amplexifolius, Saxifraga rotundifolia, Homogyne alpina, Luzula flavescens, Gentiana asclepiadea, Galium rotundifolium, Ribes petraeum, Tozzia alpina, Phyteuma Halleri, Senecio nemorensis, Adenostyles alpina* — diese auch in dem Sinne Tannenbegleiter, dass ihre Verbreitung sich ungefähr mit derjenigen der Tanne deckt, wie Höck[2]) feststellte, der dieser Liste noch *Cytisus nigricans, Aruncus silvester* und *Prenanthes purpurea* hinzufügt; ferner *Mulgedium alpinum, Lunaria redivira, Polygonatum verticillatum, Goodyera repens, Epipogon Gmelini, Coralliorrhiza innata, Listera cordata, Ranunculus lanuginosus, Petasites albus, Luzula nivea, Achillea macrophylla, Aconitum paniculatum.* Der westlichen Tannenzone der Schweiz gehören *Campanula latifolia, Pulmonaria montana, Vicia tenuifolia, Mulgedium Plumieri, Aposeris foetida, Rosa montana* an, im Osten ist *Dentaria polyphylla* eine eigenartig verbreitete Waldpflanze der Coniferenregion.

Die Keimfähigkeit der Weisstannen-Samen ist gewöhnlich niedrig; solche von Bäumen tieferer Lagen liefern durchschnittlich einen bedeutend höheren Prozentsatz von Keimlingen, als solche aus höheren Lagen, wogegen die letzteren bei gleicher Temperatur einen schnelleren Verlauf der Keimung zeigen (36); durchschnittlich brauchen die Samen bei einer Temperatur von 6,3° C 23 Tage zum Beginn der Keimung. Bei derselben streckt sich gleichzeitig mit dem Eindringen der Keimwurzel in den Boden, an dessen Partikeln sich die Wurzel durch ihre in schleimigen Streifen sich ablösenden Epidermisschichten befestigt (**101**), auch das Hypokotyl, zieht hierdurch die im Nährgewebe steckenden 4—8, meistens 5 Kotyledonen allmählich aus der Samenschale heraus und streckt sich hierauf gerade, sodass nun auf seiner Spitze ein Wirtel der den späteren Laubblättern ähnlichen Kotyledonen steht, welcher die kleine Endknospe umgibt. Bei günstiger Temperatur erscheint die Keimpflanze 3—4 Wochen nach der Aussaat über dem Boden. Auch wenn die Keimung bei vollständigem Lichtabschluss erfolgt, so ergrünen Kotyledonen und Hypokotyl, die schon im ruhenden Samen Chlorophyll enthalten (6). Einseitige Beleuchtung übt auf das Wachstum der Kotyledonen insofern einen Einfluss aus, als dadurch eine sichelförmige Krümmung derselben

---

[1]) Engler, Arnold. Wirtschaftsprinzipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen, mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortsverhältnisse in der Schweiz. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. 51. Jahrg. 1900. S. 264—274 u. 300—310.

[2]) Höck, F. Über Tannenbegleiter. Österr. bot. Zeitschr. Bd. 45. 1895. S 201 u. 260.

hervorgerufen wird.[1]) Die Kotyledonen haben eine mittlere Länge von 23 mm, sind von linealer Gestalt (Fig. 19), ganzrandig, am Ende stumpf, unterseits flach, oberseits in der Mitte mit einer schwachen Längskante versehen; sie tragen sämtliche Spaltöffnungen in zwei undeutlichen Längsstreifen auf ihrer Oberseite (Fig. 19 B) und zeigen wegen des weisslichen Wachsüberzuges, welcher die Umgebung der Spaltöffnungen überzieht, in der Jugend eine etwas bläulich-grüne Färbung. Im anatomischen Bau ähneln sie im übrigen den späteren Laubblättern (vergl. Fig. 27), doch sind sie von einer zarteren Struktur: die Epidermiszellen haben weniger stark verdickte Wände, das Hypoderm fehlt ganz, das Palissadengewebe ist einschichtig, das übrige Parenchym in der mittleren Partie chlorophyllarm, und die Blattmitte ist der Länge nach nur von einem Gefässbündel durchzogen. In Übereinstimmung mit diesem Bau fällt den Kotyledonen an der Keimpflanze anfänglich allein und in der späteren Weiterentwickelung immer noch zu einem erheblichen Teile die Assimilation zu, denn im ersten Vegetationsjahre bildet die Pflanze nur noch einen meistens ebenfalls 5gliederigen Wirtel von Primordialblättern, welche an einem gestauchten Internodium unmittelbar über den Kotyledonen stehen und mit ihnen abwechseln (Fig. 19 A). Sie sind von geringer Länge und elliptischem Querschnitt, am Ende spitz oder stumpf, aber nicht ausgerandet, tragen wie die definitiven Schattenblätter alle Spaltöffnungen an der Unterseite, besitzen aber, wie die Kotyledonen, nur ein zentrales Gefässbündel, an dem sich zu beiden Seiten des Holzteiles wenige Sklerenchymfasern ausbilden, und ihr Hypoderm besteht aus wenig zahlreichen Strängen (13).

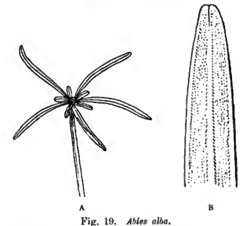


Fig. 19. *Abies alba.*
A Keimpflanze mit Kotyledonen und Primordialblättern. 1 : 1.
B Ende eines Kotyledon von der Oberseite, mit Spaltöffnungen. 10 : 1.
(Orig. K.)

Im zweiten Jahre verlängert sich die einfache Endknospe des Keimlinges zu einem Spross, welcher mit spiralig angeordneten, an der Spitze ausgerandeten, allmählich in die normalen Nadeln übergehenden Laubblättern besetzt ist. Neben der diesen Spross abschliessenden Endknospe wird im 2. (oder auch erst im 3.) Jahre eine seitliche Langtriebknospe angelegt (**150**). Die Endknospen dieser jungen Pflanzen zeigen (bei Freiburg i. B.) nach Busse (9) schon Ende Februar in ihrem Innern eine Streckung des Vegetationskegels und der Blattanlagen, und bereits vor Ende März werden die grünen Spitzen der Blätter an der gelockerten Schuppenhülle der Knospenspitze sichtbar. Die Keimpflanze entwickelt sich sehr gut im Schatten des Waldes, besonders in der für die Weisstannen- (und Fichten-) Bestände charakteristischen üppigen Moosdecke, sofern sie nicht aus zu hohen Moosen, wie *Sphagnum*- und *Polytrichum*-Arten besteht. Doch geht die Pflanze im 2. oder 3. Lebensjahr in zu tiefem Schatten zu Grunde und gedeiht deswegen besonders gut an Böschungen, in nicht allzu dichtem Grase, unter Himbeeren, Brombeeren, *Epilobium*, *Sarothamnus* oder Farnen. Hat sich die junge Pflanze

[1]) Wiesner, J. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. II. 1880. S. 48.

erst verzweigt, so erträgt sie wieder einen sehr schattigen Standort (**150**). In den ersten Jahren ist ihre Höhenzunahme gering, und erst vom 6. bis 8. Jahre an stellt sich ein stärkeres Wachstum eiu; gegen das 10. Jahr beginnen die regelmässigen Zweigwirtel sich auszubilden und damit tritt die charakteristische Erscheinung des Baumes ins Leben. Wie sich in diesem jugendlichen Alter die Höhenzunahme der Tanne gestaltet, darüber liegen Untersuchungen von Flury[1]) vor, die nach Messungen an 220 Exemplaren folgende Zahlen ergaben:

Alter	Höhe in cm	Zuwachs in cm
1 Jahr	4	—
2 „	7	3
3 „	9	2
4 „	14	5
5 „	19	5
6 „	30	11
7 „	36	6
8 „	42	6
9 „	70	28

Die in den Boden eingedrungene Hauptwurzel des Keimlinges entwickelt sich später in der Regel zu einer oft über meterlangen Pfahlwurzel, welche ziemlich tief eindringende Seitenwurzeln treibt, wo aber der Boden dem Wachstum der Hauptwurzel ungünstig ist, geht sie allmählich zu Gruude. Im ganzen ist die Bewurzelung der Tanne schwächer als bei der Fichte uud Kiefer: nach den Untersuchungen von Nobbe (57) mass an 6 Monate alten Keimpflanzen die Gesamtlänge aller Wurzelfasern bei der Tanne ca. 1 m, bei der Fichte 2 m, bei der Kiefer 12 m, während die Oberfläche derselben Wurzeln bei der Tanne 2452 qmm, bei der Fichte dagegen 4153 und bei der Kiefer 20513 qmm betrug. Im Zusammenhange mit der durch diese geringere Wurzelentwickelung mehr erschwerten Wasser- und Nährstoffaufnahme dürfte es stehen, dass die traubig verzweigten Saugwurzeln (Kurzwurzeln) der Tanne besonders häufig zu Mykorrhizen umgebildet sind. Sie haben die gewöhnliche korallenähnliche Verzweigung (Fig. 20, A, B), stehen häufig dicht beisammen und gehören zu den bei den Pinaceen typisch vorkommenden ektotrophen Mykorrhizen: jede ist an ihrer Aussenseite einschliesslich der Wurzelspitze mit einem dichten und verhältnismässig dicken Mantel von Pilzhyphen eingeschlossen (Fig. 20, B, C), deren innerste Fäden sich intercellular in dem Aussengewebe der Wurzel verbreiten. Schon an 1—2jährigen Keimlingen, die ihre Wurzeln an verrotteten Baumstümpfen oder im humusreichen Waldboden ausgebreitet haben, findet man oft sämtliche Seitenwurzeln verpilzt, auf humusarmem Substrat kommen dagegen bei gleichalterigen Pflanzen die Mykorrhizen weniger allgemein vor (**181**). Indessen hat Engler an ca. 400 zwei- bis sechsjährigen Tannen auf dem Adlisberg bei Zürich auf frischem, etwas bindigem, kalkhaltigem, fruchtbarem Lehm von geringem Humusgehalt niemals Wurzelhaare gefunden, während bei allen andern untersuchten Nadelhölzern solche vorhanden waren (19). Hinsichtlich der Periodizität der Wurzelbildung bemerkt Wieler (82), dass der Übergang in den winterlichen Zustand erst spät zu erfolgen scheint, während das Austreiben der Wurzelspitzen zeitig im Frühjahr beginnt; im August und September tritt, wie bei den übrigen darauf untersuchten Nadelhölzern, ein spätsommerlicher Stillstand in der Entwickelung der Wurzeln ein, um nachher von einer neuen Bildungsperiode abgelöst zu werden (19).

An den hinreichend erstarkten Tannen fällt schon in ihrer Jugend der ungemein regelmässige Aufbau des Sprossensystems auf, welcher bis

[1]) Mitteil. d. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. Bd. 4. 1895. S. 198.

ins hohe Alter die Architektonik des monokormischen Baumes bestimmt. Die straff senkrecht in die Höhe strebende Hauptachse ist von kräftiger, die Seiten-

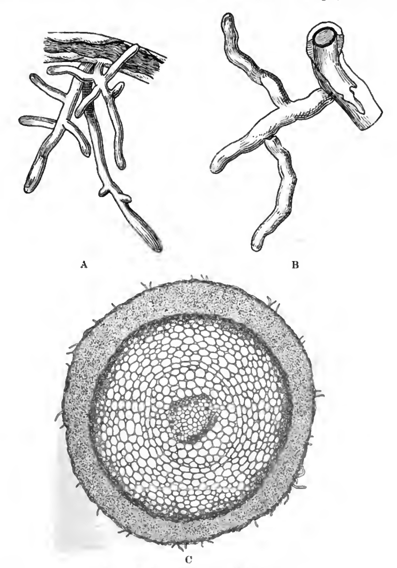


Fig. 20. *Abies alba.* Ektotrophe Mykorrhizen.
A verpilzte junge Saugwurzeln, 6 : 1. B desgleichen, die äussere Pilzschicht teilweise entfernt, 10 : 1. C Querschnitt mit der äusseren Pilzhülle, 80 : 1. (Orig. K., Witdbad, auf Buntsandstein).

achsen überwiegender Entwickelung, ihre Jahrestriebe schliessen mit einer Stamm-Endknospe und einem sie umgebenden Wirtel von 2—5 (selten 7), meistens

3 oder 4 Seitenknospen ab, von denen die erstere im folgenden Jahre die Verlängerung des Haupttriebes bewirkt, während von den Seitenknospen die wirtelförmig angeordneten, unter einander sehr gleichmässig ausgebildeten Seitentriebe 1. Ordnung ihren Ursprung nehmen. Diese Langtriebe endigen mit einer Gipfelknospe und 2 (selten 3) Seitenknospen; ausserdem findet an ihnen eine Knospenbildung in den Blattachseln der flankenständigen Blätter, gelegentlich auch der unteren, dem Lichte abgekehrten Längshälfte des Zweiges statt. Unterhalb der Zweigwirtel, am Ende der Hauptachse wie der Seitenzweige, entwickelt sich, in bestimmten Abständen zu einander stehend und niemals Scheinquirle bildend, eine Anzahl der in den Blattachseln des vorjährigen Triebes angelegten Seitenknospen zu Kleinzweigen (Brachyblasten), welche auffallend schmächtiger sind als die Langtriebe; von allen in derselben Vegetationsperiode ausgebildeten Sprossen sind stets die untersten Zweige am kürzesten, während sie nach oben hin fortschreitend an Länge zunehmen. Die Kleinzweig-Knospen werden in den Achseln einiger Blätter ihrer Mutterachse angelegt und entwickeln sich je nach der Belichtung in der nächsten Vegetationsperiode zu Langtrieben, die sich später weiter verzweigen können. Unter normalen Standorts- und Belichtungsverhältnissen schwankt die Zahl der austreibenden Kleinzweige und die Abstufung in deren Länge an einem und demselben Sprosssystem bei verschiedenen Pflanzen nur innerhalb enger Grenzen; stark beschattete Exemplare zeigen weniger ausgetriebene Kleinzweige als der Sonne exponierte Bäume. Dadurch, dass die Zweige höherer Ordnung vorzugsweise den Flanken der Seitensprosse entspringen, kommen die flachen Verzweigungssysteme zu stande. Kleinzweige können in Langtriebe, diese in Hauptachsen übergeführt werden, wenn ihre veränderte Funktion dem Baume von Nutzen ist, und mit der Funktion ändert sich gleichzeitig ihr morphologischer Charakter; so findet in jeder Vegetationsperiode ein Übergang zahlreicher Kleinzweige in Langtriebe statt. End- und Quirlknospen von Langtrieben, wie auch Kleinzweigknospen können viele Jahre lang als schlafende Augen im Knospenzustand verharren, bis sie durch äussere Einwirkungen zum Austreiben veranlasst werden. So ist bei aller Regelmässigkeit in der Anlage der Sprosse Anlass zu grosser Freiheit in ihrer späteren Ausgestaltung und damit der individuellen Entwickelung der Bäume gegeben (9). Der Winkel, welchen die Langtriebe an ihrer Basis mit der Hauptachse bilden, beträgt 67—80,75° und nimmt von unten nach oben am Hauptstamme gleichmässig ab; auch in ihrem weiteren Verlaufe behalten die Hauptäste diese Richtung ungefähr bei, sodass also der Neigungswinkel (d. h. der obere Winkel, den das etwas abwärts gewandte längere Zweigstück mit der Hauptachse bildet) mit 65—84° und der geotropische Winkel (d. h. der Winkel, welchen das vordere Zweigende mit der Senkrechten bildet) mit 60—80° nicht merklich vom Ablaufwinkel abweichen. Die Seitentriebe 2. Ordnung gehen von denen 1. Ordnung unter einem Achsenwinkel von 58—63,5° aus und zeigen einen gegen die Spitze hin zunehmenden Neigungswinkel von 52—60°. Der Achsenwinkel der Zweige 3. mit denen 2. Ordnung beträgt 59—64,75°, ihr Neigungswinkel 56,75—61°, und der Achsenwinkel der Zweige 4. mit denen 3. Ordnung 58—60,5°, ihr Neigungswinkel 58°. Weitere Zweige von höherer als der 4. Ordnung werden erst an alten Ästen gebildet, es besteht, davon abgesehen, alles Wachstum nur in Längen- und Dickenzunahme vorhandener Glieder (7). Auch im Alter behalten die meisten Äste ihre Lage bei; doch zeigen die unteren Äste alter frei stehender Bäume eine starke Abwärtsbiegung, wobei sie sich mit ihren vorderen Enden wieder ungefähr horizontal ausbreiten (K). Im Wipfel alter Stämme richten sich die Seitenäste, welche hier mit einer Endknospe und zwei kräftig entwickelten Seitenknospen abschliessen, mehr auf, und da hier zugleich der Haupttrieb in seinem Wachstum gegen die oberen Astwirtel zurückbleibt, so entsteht hierdurch die



Fig. 21. *Abies alba.*

Weisstanne von St. Cergues, Kant. Waadt; nach dem Schweizerischen Baumalbum. (Links eine Fichte.) Der Baum steht frei auf einer Weide in geschützter, südöstlicher Lage, 115 m üb. M., er wurzelt in gutem kalkhaltigem Boden, dem Portlandskalk als Untergrund dient. Am Boden misst der Stamm 7,10 m im Umfang, bei 1,20 m über dem Boden 6,90 m. die Höhe beträgt 31,5 m. Bei ungefähr 2 m über dem Boden teilt sich der Stamm in 10 Stämme.

charakteristische „storchnestartige" Verbreiterung am Gipfel (224). Der pyramidale Wuchs der Tanne macht später einer fast walzenförmigen Kronenbildung Platz; an den unteren Teilen älterer Stämme, welche häufig nur spärliches Sonnenlicht empfangen, sterben die Hauptzweige ab, oder Zweige und Nadeln sind nur spärlich entwickelt und die Verzweigung hat an Regelmässigkeit eingebüsst; zahlreich sind dünne, aus Kleinzweigknospen hervorgegangene Triebe, die an ihrer Spitze nur eine oder zwei schmächtige Knospen tragen (9). Nach den Untersuchungen von Bühler und Flury[1]) haben die Weisstannenbestände durchweg niedrigere Bestandeshöhen als die Fichtenbestände. Sie stehen auch hinsichtlich der Länge des astreinen Schaftteiles hinter diesen zurück, selbst in 100jährigen Beständen übersteigt die Höhe des astreinen Schaftteiles selten 20 m, während diese Höhe bei der Fichte etwa vom 80. Jahre an erreicht wird. Das Verhältnis von Stamm und Krone erhellt aus folgenden Angaben derselben Autoren:

Alter der untersuchten Bäume	Mittlere Höhe	Durchschn. Länge der Baumkrone	Länge des astfreien Schaftteiles	Anzahl der grünen Astwirtel
41—60 Jahre	13,46 m	5,47 m	7,99 m	12
61—80 „	22,55 „	7,12 „	15,43 „	22
81—100 „	26,71 „	9,65 „	17,06 „	30
über 100 „	28,68 „	11,61 „	17,07 „	27

Die lederigen, immergrünen Blätter aller Arten von Trieben, mit Ausnahme der Kotyledonen und Primordialblätter, stehen in spiraliger Anordnung nach $^{8}/_{21}$-Stellung, aber nur an der Hauptachse fällt diese ohne weiteres in die Augen (Fig. 22), während sie an den im Schatten wachsenden Seitenzweigen scheinbar zweizeilig (pseudodistichisch) ist. Auch hier nämlich sind die Blätter spiralig inseriert, aber dadurch, dass unter Drehung ihrer Basis die oberen Nadeln sich bald nach Entfaltung der Knospe seitwärts hinab, die unteren dagegen seitwärts nach oben biegen, stehen sie nach 2 Seiten kammförmig ausgebreitet (Fig. 23). Ohne Zweifel ist diese „gescheitelte" Stellung als eine Einrichtung zur vollen Ausnützung des spärlichen Sonnenlichtes anzusehen, denn an Zweigen, welche einer stärkeren Belichtung ausgesetzt sind, findet die Beiseitebiegung der Nadeln nur an der Zweigunterseite statt (Fig. 24), und in den Kronen älterer Bäume, in denen die dem Gipfel genäherten Triebe mehr nach aufwärts wachsen und keiner Beschattung ausgesetzt sind, stehen die Nadeln aufwärts gerichtet und ziemlich allseitswendig am Zweige, sodass die hier verhältnismässig kurzen Langtriebe bei der zugleich dichten Stellung der Nadeln fast walzenförmig erscheinen; die an der Oberseite der Zweige stehenden Nadeln wenden dabei ihre Unterseite meist nach rückwärts, im Gegensatz zu den flankenständigen, deren Unterseite sich nach auswärts oder sogar etwas gegen das obere Zweigende kehrt, was durch eine entsprechende, oft recht auffällige Drehung des verschmälerten Blattgrundes bewirkt wird (30).

An den gescheitelten Seitenzweigen, die sich oft auch noch an blühenden männlichen Zweigen der oberen Krone finden, ist eine auffallende Anisophyllie vorhanden, indem die an der Oberseite des Triebes stehenden Nadeln eine bedeutend geringere Länge aufweisen, als die darunter befindlichen, eine Wachstumserscheinung, durch welche eine günstige Assimilationsfläche hergestellt und die Beschattung der unteren Nadeln vermieden wird. Der Längenunterschied zwischen den bauchständigen und den rückenständigen Blättern an demselben Triebe beträgt nicht selten etwa das Doppelte oder sogar noch mehr: es massen z. B. von den 53 Nadeln eines stark dorsiventralen Triebes die 17 am weitesten unten

[1]) Mitteil. d. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. Bd. 2. S. 205.

Figuren-Erklärung.

Fig. 22. *Abies alba.*

Gipfeltrieb einer jungen Pflanze mit allseits-wendigen, fast horizontal stehenden Nadeln. 3 : 5. (Orig.-Phot. K.)

Fig. 23. *Abies alba.*

Schattenzweig aus dem unteren Teil der Krone mit gescheitelten Nadeln. 3 : 5. (Orig.-Phot. K.)

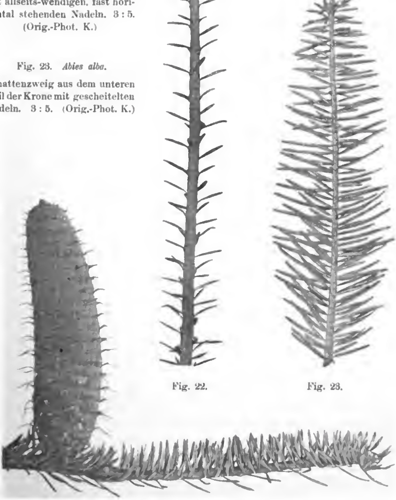


Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24. ***Abies alba.***
Belichteter Zweig aus dem Wipfel mit einem unreifen Zapfen und spitzen, aufwärts gebogenen Nadeln. 1 : 2. (Orig.-Phot. K.)

inserierten 20—26, durchschnittlich 23,8 mm, die 18 an den beiden Flanken stehenden 15,5—21,5, durchschnittlich 18,6 mm, die 18 auf der Oberseite inserierten 12—15,5, durchschnittlich 14 mm. Die Anisophyllie beschränkt sich aber nicht nur auf die gescheitelten Zweige, sondern ist in einer weniger auffallenden Weise auch an den belichteten vorhanden, deren rückenständige Blätter aufgerichtet sind; an einem solchen waren die untersten, horizontal stehenden Nadeln 20—22,5, durchschnittlich 21,5 mm lang, die oberen und zugleich am meisten aufgerichteten 15—18,5, durchschnittlich 17,4 mm. An den Wipfelzweigen endlich, deren Nadeln ziemlich gleichmässig vom Zweige abstehen, ist die Anisophyllie nur noch wenig ausgeprägt: von den 154 Nadeln eines solchen Triebes massen die 54 bauchständigen 6,5—17, durchschnittlich 14,9 mm, die 44 an den beiden Flanken inserierten 7,5—17, durchschnittlich 14,1 mm, die 56 rückenständigen 5—16, durchschnittlich 13,1 mm. Es geht sonach die Anisophyllie mit der Dorsiventralität der Zweige ungefähr parallel (K).

Über die richtenden Ursachen der Dorsiventralität der plagiotropen Tannenzweige wissen wir durch die Untersuchungen von Frank (47), sowie durch Klinostatenversuche von Czapek[1]), dass sie zunächst durch die Schwerkraft induziert wird. Aber auch der Einfluss des Lichtes spielt dabei eine Rolle, da bei den von Wächter[2]) angestellten Versuchen einseitige Beleuchtung eines sich entwickelnden Gipfeltriebes das Hinwenden der Nadeln nach der Lichtquelle hervorrief; und endlich gehört nach Goebel[3]) zu den die Dorsiventralität induzierenden Faktoren auch die Lage, welche die Knospen im Momente des Austreibens zum Muttersproß einnehmen. Die Anisophyllie wird nach den Untersuchungen von Kny[4]) und Wächter (a. a. O.) bei künstlichen Lageveränderungen in Entwicklung begriffener Sprosse mit grösserer Zähigkeit festgehalten, als die Dorsiventralität: Zweige, welche um 180° gedreht worden waren, zeigten erst im zweiten Jahre eine Umkehrung der Anisophyllie; ausser der Schwerkraft und der aus den obigen Zahlenangaben ersichtlichen Wirkung des Lichtes spielen nach Goebel (56) beim Zustandekommen der Anisophyllie wahrscheinlich auch Korrelationserscheinungen mit.

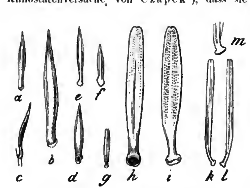


Fig. 25. *Abies alba.* Verschiedene Nadel-Formen. a—d Nadel vom Haupttrieb des vorletzten Jahres aus dem Wipfel eines 90jährigen Baumes; a von unten, Spaltöffnungsstreifen sehr schwach ausgeprägt, hellgrün, 1:1; b ebenso, 2:1; c dieselbe von der Seite, d von oben, 1:1. e, f Nadeln vom 3jährigen Haupttrieb desselben Wipfels, e vom oberen, f vom unteren Teil desselben, 1:1. g Nadel von einem einjährigen Seitentrieb 4. Ordn., unterseits mit stark weisslichen Streifen, 1:1; h dieselbe von oben, i von unten, 4:1. k Nadel von einem unteren Seitenzweig einer älteren Tanne von unten, l von oben, 1:1; m ihre Basis von der Unterseite, 2:1. (Orig. Sch.)

Die Nadeln sind lineal, meist 12—28 mm lang, bis 3 mm breit, am Grunde mit einem kurzen, unten scheibenförmig verbreiterten Stiel; im übrigen sind sie in

[1]) Czapek, F. Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewewegungen. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 32, 1898, S. 266.

[2]) Berichte der Deutschen Bot. Gesellschaft. Bd. 21, 1903, S. 393.

[3]) Goebel, K. Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane. Schenk's Handbuch der Botanik, Bd. III, 1883, S. 147.

[4]) Botan. Zeitung. Bd. 31, 1873, S. 433.

ihrer Gestalt und Struktur äusserst veränderlich (Fig. 25). Im unteren und mittleren Teil der Krone stehen hauptsächlich Nadeln, welche an der Spitze ausgerandet sind (Fig. 25 g—k, Fig. 26 B), abgestumpfte oder zugespitzte beschränken sich meistens auf die Wipfelregion (Fig. 24, 25 a—f). An jungen Bäumchen findet man am Haupttrieb meist stumpfe Nadeln, die fast wagerecht abstehen (Fig. 22 und 26 A), oberseits in der Regel nur wenige Spaltöffnungen tragen, und bei denen eine Mittelfurche gewöhnlich nur angedeutet ist. Beim erwachsenen Baum stehen die Nadeln des Haupttriebes in zierlichem Schwunge nach oben ab, indem ihre Mittellinie einen gegen den Trieb gewölbten flachen Bogen beschreibt, welcher an der etwas einwärts gekrümmten gelblichen Spitze sanft ausläuft (30).

In den flachen Nadeln der gescheitelten Zweige sondert sich das Assimilationsgewebe (Fig. 27) in eine der Blattoberseite anliegende Palissadenschicht und ein darunter liegendes Schwammgewebe. Die aus stark verdickten Zellen bestehende Epidermis trägt an der Unterseite die jederseits der Mittelrippe in einem weisslichen Längsstreifen liegenden und in je 5—8 Längslinien angeordneten (Fig. 26), am Grunde schalenförmiger Vertiefungen eingesenkten Spaltöffnungen[1]; die weisse Farbe der Umgebung der Spaltöffnungen rührt von einem Überzuge von Wachskörnchen her, welche nicht nur die Vertiefungen ausfüllen, sondern auch die Nadeloberfläche zwischen diesen bedecken. An die Epidermis legt sich inwendig eine ein-, ab und zu zweireihige, nicht kontinuierliche Hypodermschicht an, deren Stränge von wechselnder Breite sind. Im Parenchym der Unterseite findet sich in der Nähe der beiden Blattränder je ein an die Epidermis unmittelbar anstossender Harzkanal, welcher von ziemlich dickwandigen, grossen chlorophyllführenden Scheidenzellen umschlossen und von einem dünnwandigen Epithel ausgekleidet wird, dessen Zellen zum grossen Teil mit Harz erfüllt sind und dieses in den Kanal absondern. Die Mittelrippe wird von zwei dicht neben einander liegenden Gefässbündeln durchzogen, welche von einem gemeinsamen, chlorophylllosen Ableitungsgewebe umscheidet sind.

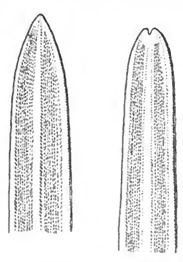


Fig. 26. *Abies alba.*
Nadeln von der Unterseite mit den Spaltöffnungsstreifen; 10:1.
A vom Gipfeltrieb Fig. 22, B vom Schattenzweig Fig. 23. (Orig. K.)

Die Nadeln der Haupttriebe zeigen im wesentlichen denselben anatomischen Bau, nur ist die Hypodermschicht durchschnittlich reichlicher ausgebildet und die beiden Harzkanäle sind (an der Blattunterseite) mehr gegen die Mittellinie des Blattquerschnitts gerückt (K).

Die aufgerichteten Nadeln der Wipfelzweige sind dicker und tragen ausser den sehr ausgeprägten breiten Spaltöffnungsstreifen auf der Blattunterseite auch auf der Oberseite an der Spitze in der mittleren Partie einige Längsreihen von

[1]) Die Angabe von Mahlert (43), dass auch an der Blattoberseite an der Spitze der Nadel 3—5 kurze Reihen von Spaltöffnungen vorhanden seien, trifft wenigstens nicht für alle Fälle zu.

Spaltöffnungen, die sich in der Mittellinie noch ziemlich weit nach dem Grunde hin fortsetzen. Das Hypoderm ist an der Blattoberseite nur durch die Atemhöhlen unterbrochen, biegt an den Blattkanten ein wenig nach der Unterseite um und ist im übrigen auf dieser nur an der vorspringenden Mittelrippe vorhanden (Fig. 28). Das Palissadengewebe ist an der Blattoberseite stellenweise 3schichtig, aber auch in der Mittelpartie der Unterseite vorhanden, worin sich die Anpassung des Blattbaues an eine höhere Lichtintensität kundgibt; die Harz-

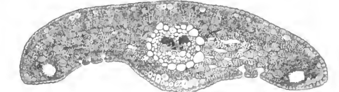


Fig. 27. *Abies alba.* Querschnitt durch ein Schattenblatt von einem gescheitelten Seitenzweig; 58:1. (Orig. Braun).

kanäle sind fast in die Transversalebene des Blattes gerückt und allseitig vom Parenchym umgeben (K).

Der aromatische Duft und bittere harzige Geschmack der Blätter scheint vielen Tieren unangenehm zu sein und deshalb als Schutzmittel gegen Verletzungen durch Pflanzenfresser zu dienen. Allerdings ist dieser Schutz nur unvollkommen, denn die Angabe von Errera (**41**), dass die Tanne vom Weidevieh gemieden

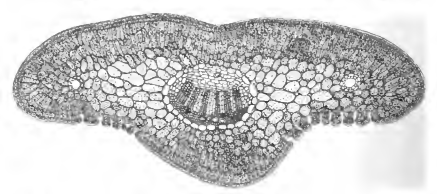


Fig 28 *Abies alba.* Querschnitt durch eine aufgerichtete Nadel eines Wipfelzweiges (Fig. 24); 58:1. (Orig. Braun).

werde, kann sich höchstens auf Rindvieh beziehen. Für Pferde und Schafe trifft sie nicht zu, und von Rehen und Hirschen wird die Tanne so gesucht, dass sie vielfach durch das Wild vernichtet wird.[1]) Hinsichtlich der Ziegen wurde durch Fankhauser[2]) festgestellt, dass diese von den Nadelhölzern am liebsten Weisstanne und Lärche fressen. Infolge des Verbeissens wird die Tanne zu einem Busch, der selbst nach vielen Jahren keinen grösseren Umfang gewinnt, und

[1]) Mitteilung von Prof. Dr. A. Bühler in Tübingen.

[2]) Fankhauser, F. Die Bedeutung der Ziegenwirtschaft für die schweizerischen Gebirgsgegenden in forstlicher und volkswirtschaftlicher Hinsicht. Bern 1887.

dessen Gipfel durch die unteren Äste nicht geschützt wird. Solche Pflanzen zeigen ein kümmerliches Gedeihen und gehen verhältnismässig frühzeitig ein; deshalb verschwindet die Tanne auf Weiden, wo noch alte Exemplare das frühere häufigere Vorkommen dieser Holzart bekunden, überall, wenn nicht besondere Vorkehrungen zu ihrem Schutze getroffen werden.

An den Sprossenden haben die der Gipfelknospe sich anlegenden Nadeln gewöhnlich eine kleinere Form und etwas gekrümmte Gestalt; die weiter auf sie folgenden Blattorgane derselben Achse entwickeln sich zu Knospenschuppen, welche die Winterknospen einhüllen (59). Äusserlich ist der Knospenschluss durchschnittlich am 9. August (für Giessen) vollendet, aber in Wirklichkeit beginnt die winterliche Ruheperiode für die Laubknospen erst Ende Oktober oder Anfang November; die Quirlknospen scheinen früher in den Ruhezustand überzugehen als die Stammendknospen. Die Stelle der Achse, an welcher die vollständig ausgebildeten Knospenschuppen eingefügt sind, hat eine napfförmige Gestalt und bildet eine Knospenscheide, in welche der Vegetationspunkt eingesenkt ist; besonders trifft dies bei der Endknospe des Haupttriebes zu, welche infolge dessen im Vergleich mit den exponierter stehenden und auch für den normalen Aufbau des Sprossensystems weniger wichtigen Seitenknospen gegen Frost und mechanische Verletzungen gut geschützt ist (9). Die Knospenschuppen sind von grünlich-brauner Farbe, weniger zahlreich und von zarterem Bau als bei der Fichte; ihre Unterseite überzieht eine aus sehr stark verdickten Zellen bestehende Epidermis, während diejenige der Oberseite dünnwandig ist; Spaltöffnungen sind nach Anderson[3]) vorhanden. In den äusseren Schuppen bilden sich Korkschichten aus und zwischen diesen Schuppen findet man Harzablagerungen, welche dadurch entstehen, dass sich Harz in dem chlorophyllhaltigen inneren Parenchym abscheidet und durch die Zellwände der oberseitigen Epidermis, welche dadurch oft blasenförmig aufgetrieben werden, diffundiert. Durch diesen Bau der Knospendecken werden die darin eingeschlossenen Vegetationspunkte und jungen Blattanlagen während des Winters gegen Wasserverlust und Temperaturerniedrigungen ausreichend geschützt (59). Etwa in der letzten Märzwoche (bei Freiburg i. B.) zeigt sich im Innern der Endknospen die erste Streckungserscheinung, indem die jugendlichen Blattanlagen sich über den Scheitel des Vegetationspunktes zu erheben beginnen; in den Quirlknospen hat sich um diese Zeit die Achse bereits etwas gestreckt, was in der Endknospe erst einige Zeit später der Fall ist. Jetzt werden schon die Vegetationspunkte der künftigen Langtriebknospen am Hauptvegetationspunkt, und zwar über oder auch unter den obersten Blättern, angelegt (9). Beim Austreiben der Knospen, welches Anfang Mai (Giessen durchschnittlich am 3. Mai) erfolgt, zeigen die innersten Schuppen noch ein Wachstum an ihrem meristematischen Grunde, bleiben aber nicht wie bei der Fichte zu schützenden Kappen verbunden, sondern sitzen in der Regel mit ihrem Grunde fest (59).

Die jugendliche Sprossachse ist mit dickwandigen, meist 3zelligen, einfachen, an der Spitze stumpfen, kurzen Haaren besetzt, welche nach 2—3 Jahren infolge der Peridermbildung verschwinden. Von den älteren Trieben gliedern sich die Blätter, die ein Alter von 6—9, einzelne von 10—12, angeblich sogar von 15 Jahren erreichen können, mit ihrem kurzen Stiele so ab, dass sie eine glatte kreisrunde Narbe hinterlassen.

Das Höhenwachstum des Baumes gestaltet sich nach Schuberg (66 a) in Beständen von mittlerer Dichte bei verschiedenen Standortsklassen folgendermassen:

---

[3]) Botanical Gazette. 1897, p. 294.

im Alter von	Mittlere Höhe in Metern bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
10 Jahren	1,7	1,1	0,8	0,45	0,15
20 „	5,5	4,0	3,0	2,0	1,1
30 „	9,9	7,8	6,0	4,2	2,7
40 „	14,0	11,6	9,2	6,8	4,7
50 „	17,7	14,9	12,2	9,4	6,7
60 „	21,0	18,0	15,0	12,0	8,8
70 „	23,8	20,7	17,6	14,5	11,0
80 „	26,3	23,1	20,0	16,7	13,0
90 „	28,6	25,35	22,2	18,7	15,0
100 „	30,7	27,4	24,1	20,5	16,8
110 „	32,6	29,3	25,9	22,2	18,4
120 „	34,4	31,0	27,5	23,6	19,8
130 „	35,95	32,5	28,8	24,9	21,0
140 „	37,3	33,8	30,0	26,1	22,0
150 „	38,5	34,9	30,9	26,9	22,7

Der erwachsene Baum zeichnet sich immer durch die überwiegende Entwicklung der Hauptachse aus, welche zu einem geraden Stamm heranwächst, der im Schluss bis zu 55 m Höhe bei fast 2 m Durchmesser in Brusthöhe, ausnahmsweise sogar eine Höhe von 65–75 m und eine Dicke von 3,8 m erreichen kann (**224**). Seine grösste Wachstumsenergie erreicht der Stamm unter günstigen Verhältnissen schon um das 30. Lebensjahr, auf mittelguten Standorten zwischen dem 30. und 40., auf den geringsten im 60.—70. Jahr, später tritt ein Sinken der jährlichen Zuwachse ein, welches erst langsam, etwa vom 100. Jahre an schneller erfolgt, wie die folgenden aus der vorhergehenden Tabelle berechneten Zahlen zeigen.

Alter.	Jährlicher durchschnittlicher Zuwachs des Stammes in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
1.— 10. Jahr	17	11	8	4,5	1,5
10.— 20. „	38	29	22	15	9,5
20.— 30. „	44	38	30	22	16
30.— 40. „	41	42	32	26	20
40.— 50. „	37	33	30	28	20
50.— 60. „	33	31	28	26	21
60.— 70. „	28	27	26	25	22
70.— 80. „	25	24	24	22	20
80.— 90. „	23	22	22	20	20
90.—100. „	21	21	19	18	18
100.—110. „	19	19	18	17	16
110.—120. „	18	17	16	16	14
120.—130. „	15	15	13	13	12
130.—140. „	13	13	12	12	10
140.—150. „	12	11	9	8	7

Abgesehen von den Bodenverhältnissen wird die Energie des Höhenwachstumes auch in hohem Grade durch die Höhe des Standortes über dem Meere beeinflusst, und zwar so, dass beispielsweise in den bayerischen Alpen das mittlere Höhenwachstum eines Bestandes in einer Meereshöhe von 900—1050 m = 100 gesetzt, dasselbe in einer Meereshöhe von 1050—1200 m = 86, bei 1200—1350 m nur noch = 27 und bei 1350—1500 m = 23 war (34).

Das Dickenwachstum des Stammes erfolgt in der Jugend sehr langsam, unter den natürlichen Verhältnissen teilweise eine Folge der Beschattung, welche die zählebige Tanne lange Zeit erträgt; aber auch bei normal erwachsenen Pflanzen sind die ersten 6—8 Jahresringe sehr eng und der Ausdruck für die der Tanne eigentümliche, überaus langsame Jugendentwicklung. Im allgemeinen entspricht (41) ein Holzdurchmesser von

0,1	cm	einem	Alter	von	3 Jahren
0,2	„	„	„	„	5 „
0,3	„	„	„	„	6 „
0,4	„	„	„	„	7 „
0,5	„	„	„	„	8 „
0,6—0,8	„	„	„	„	9 „
0,9—1,0	„	„	„	„	10 „
1,1—1,3	„	„	„	„	11 „
1,4—1,6	„	„	„	„	12 „
1,7—1,9	„	„	„	„	13 „
2,0—2,3	„	„	„	„	14 „
2,4—2,8	„	„	„	„	15 „
2,9—3,3	„	„	„	„	16 „
3,4—3,7	„	„	„	„	17 „
3,8—4,3	„	„	„	„	18 „
4,4—5,0	„	„	„	„	19 „
5,1—5,6	„	„	„	„	20 „
5,7—6,3	„	„	„	„	21 „
6,4—7,0	„	„	„	„	22 „
7,1—7,7	„	„	„	„	23 „
7,8—8,0	„	„	„	„	24 „ .

In älteren Stämmen vollzieht sich alsdann der Dickenzuwachs des Holzkörpers in folgender Weise. Es beträgt (66a)

im Alter von	der Durchmesser des Holzes im Mittel in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
40 Jahren	14,0	11,5	9,3	7,3	5,4
50 „	19,0	15,9	13,2	10,5	8,0
60 „	23,5	20,2	16,8	13,8	10,6
70 „	27,7	24,1	20,4	17,0	13,4
80 „	31,6	27,8	23,8	20,1	16,1
90 „	35,4	31,2	27,0	23,0	18,7
100 „	38,8	34,5	30,0	25,6	21,2
110 „	41,9	37,4	32,7	28,1	23,4
120 „	44,7	40,0	35,2	30,3	25,4
130 „	47,4	42,4	37,3	32,2	27,2

Aus diesen Zahlen lässt sich berechnen, dass die Breite der Jahresringe, von den innersten abgesehen, bei der I. Standortsklasse 1,35—2,5 mm, bei der II. 1,2—2,2 mm, bei der III. 1,05—1,95 mm, bei der IV. 0,95—1,6 mm, bei der V. 0,9—1,3 mm beträgt.

Bei Verlust des Haupttriebes oder seiner Endknospe kann das stark geotropische Wachstumsvermögen binnen Jahresfrist auf einen, seltener einige Langzweige des darunter stehenden Wirtels, bisweilen auch auf in der Nähe befindliche Kleinzweigknospen übergehen, worauf deren senkrechtes Aufwärtswachsen und die Bildung eines oder mehrerer Ersatzgipfel erfolgt. Auch im freien Stande

ist die Tanne hochstämmig und unten astfrei, im Gegensatz zu der unter solchen Verhältnissen bis nahe an den Grund mit Ästen besetzten Fichte; nur in den höheren Gebirgslagen rückt die Kronenbildung immer tiefer am Stamme herab und nähert sich dem Boden (34).

Die mechanische Leistung des Stammes und der Äste wird durch den Holzkörper vollzogen, welcher helles Kernholz besitzt und keine Harzkanäle enthält. Das Tannenholz ist leicht, weich, durchaus hell gefärbt, mit deutlich ausgeprägten Jahresringen versehen, von grösserer Elastizität als das etwas hellere und gleichmässigere Fichtenholz, dessen spezifisches Trockengewicht sich zum Tannenholz (spezifisches Trockengewicht 0,333—0,529) wie 100 : 87—93 verhält; im Jahresringe beträgt der Anteil des Herbstholzes in den verschiedenen Altersperioden des Baumes annähernd gleichmässig 34—35 %. Das höchste Raumgewicht zeigt das Tannenholz in den unteren Stammteilen, nach oben sinkt es zuerst rasch, dann ziemlich langsam, und unterhalb der Krone steigt es gewöhnlich wieder; die grösste Druckfestigkeit liegt, entsprechend der mechanischen Beanspruchung, in den untersten Stammteilen und nimmt nach oben ab, um in etwa $^2/_3$ der Höhe ein Minimum zu erreichen. Das schwerste Holz wird in einer Altersperiode von 90—120 Jahren gebildet (71). In den einer einseitigen Zugwirkung ausgesetzten Ästen ist das Holz hypotroph gebaut, indem an der Unterseite eine Vermehrung der Tracheiden unter gleichzeitiger dunkel braunroter Färbung des Holzkörpers, sog. Rotholzbildung, auftritt. Auch im Stamme entsteht Rotholz, das von besonderer Härte und Sprödigkeit ist, wenn die Bäume am Waldrande einseitiger Beleuchtung ausgesetzt sind, oder sonst eine einseitig entwickelte Krone tragen (10).

Der Wassergehalt des frischen Splintholzes, durchschnittlich 67,2 %, scheint der höchste von allen Nadelhölzern zu sein; der Kern enthält durchschnittlich 17,4 % Wasser, etwas weniger als bei der Lärche, aber mehr als bei Kiefer und Fichte (25).

Die an jungen Sprossachsen vorhandene, an der bräunlichen Behaarung kenntliche Epidermis bleibt meist 3, in Rudimenten oft bis zum 4. Jahre erhalten, um allmählich einem Oberflächenperiderm von brauner Farbe zu weichen, in dem sich Lenticellen von langer Dauer ausbilden und dessen Kork-Initialen im Hypoderm liegen. Die kreisrunden, im Niveau der Zweigoberfläche liegenden Blattnarben bleiben sehr lange erhalten und nehmen mit dem Alter des Zweiges kaum an Breite zu, werden auch durch die im Periderm sich bildenden Längsrisse nicht zerklüftet (Sch.). Das Periderm nimmt später meistens eine weisslichgraue Färbung an, zeigt jedoch auch nicht selten einen stark rötlichen Schimmer. Es bleibt sehr lange dünn und glatt; selbst an 100jährigen Stämmen ist es weich und fast borkefrei, sodass es dem Eindringen der Luftwärme nur geringen Widerstand entgegensetzt (25). Es zeigt buckelförmige Erhöhungen, welche Harzbeulen entsprechen, und unregelmässig verteilte, kreisrund umgrenzte Warzen, welche z. T. Lenticellen, z. T. die etwa bis zum 12. Jahre unterscheidbaren Blattnarben sind. Manche Bäume behalten bis in ihr höchstes Alter die glatte, graue Rinde („Glastannen"), bei andern tritt die Borkebildung etwa vom 40.—50. Lebensjahre ab ein; sie beginnt mit kurzen und seichten, meist bogig verlaufenden Rissen, welche aus der Rinde hier und da rundliche, uhrglasförmige Schuppen herausschneiden, gewöhnlich aber sich zu Längsfurchen erweitern, zwischen denen Querrisse auftreten; die so gebildeten Borkeschuppen sind glatt, dünn, abblätternd und von heller Farbe, der die Weisstanne ihren Namen verdankt (30). Die Dicke der Borke steigt nach Schuberg (66a) in der Stammhöhe von 1,3 m von 3—5 mm am Stangenholz bis auf ca. 50 mm an 100jährigen Stämmen, in rauher Freilage auf 60 mm und mehr, denn je höher, freier, rauher und schlechter der Standort des Baumes, desto mächtiger ist verhältnissmässig seine Borkebildung.

Die sekundäre Rinde ist reich an Gerbstoff (durchschnittlich 7,46 % der Trockensubstanz)[1]), entbehrt der Bastfasern, enthält aber Steinzellen und ausser Harzkanälen auch Schleimschläuche.

Das Harz, welches bei Verwundungen der Rinde und des Holzkörpers austritt, vermehrt sich bei Verletzungen des Holzes dadurch, dass nun auch in diesem Harzkanäle auftreten. Wird nämlich durch die Verwundung das Cambium verletzt, so bilden sich, nachdem zunächst das Harz aus den normalen Harzkanälen der Rinde ausgeflossen ist, in dem entstehenden Wundholze neue, in tangentialer Richtung mit einander zusammenhängende Kanäle, die mit ihrem offenen Ende in die Wunde einmünden und Harz enthalten, welches von den die Kanäle umgebenden Zellen abgesondert wird. Der Harzbalsam dient zum Verschluss der Wunde und hält deshalb so lange an, bis diese durch Überwallung vernarbt ist; die nachher vom Cambium gebildeten Elemente zeigen wieder normale Beschaffenheit (77). Das Tannenharz (sog. Strassburger Terpentin) enthält freie Harzsäuren, einen Abietoresen genannten Harzkörper ($C_{19}H_{30}O$), ätherisches Öl von angenehmem aromatischem Geruch, etwas Bitterstoff und Farbstoff; es ist in seiner Zusammensetzung und sonstigem Verhalten dem Terpentin der Lärche ähnlich.[2])

Die Tanne erreicht ein Lebensalter von 300—400, selbst bis zu 800 Jahren; ihre vegetative Vermehrungsfähigkeit ist unter den Coniferen ausnahmsweise gross; Absenker und Stecklinge kommen gut fort, an abgehauenen Stöcken entwickeln sich öfters schlafende Knospen oder zurückgebliebene Zweige, und da die Wurzeln der Stämme mit denen von Nachbarbäumen derselben Art verwachsen, so können sich an den Stümpfen Überwallungen bilden, welche die ganze Schnittfläche verschliessen.

Die Blühbarkeit der Weisstanne beginnt bei freiem Stande in ihrem 30., bei geschlossenem Bestande im 60.—70. Lebensjahr, und nicht jedes Jahr wiederholt sich die Blüte, sondern im milden Klima etwa alle 2—5 Jahre, in rauheren Gegenden erst alle 6—8 Jahre (224). Der Baum ist einhäusig, doch tragen die blühenden Zweige nur männliche oder nur weibliche Blüten; letztere entstehen als Kleinzweige auf der oberen Seite von Langtrieben, und zwar fast nur an kräftigeren Ästen des Wipfels, wo bereits im August die nächstjährigen Blüten als grosse, rundliche, von braunen Schuppen eingehüllte Knospen hinter der Spitze der diesjährigen Triebe als einzeln stehende Achselsprosse zum Vorschein kommen. Die männlichen Blüten erscheinen dicht gestellt auf der Unterseite vorjähriger Zweige zwischen deren Nadeln, vorwiegend an den oberen, aber auch an den unteren Ästen des Baumes, und entsprechen ebenfalls Kleinzweigen. Die Blüten sind Ende April bis Anfang Mai (Giessen durchschnittlich am 2. Mai) ausgebildet, und zwar die männlichen und weiblichen auf demselben Baume ziemlich gleichzeitig (synchronogam).

Die weiblichen Blüten (nach anderer Deutung als Blütenstände aufzufassen) haben ein zapfenförmiges Aussehen (Fig. 29), sind ca. 6 cm lang, hellgrün gefärbt und stehen aufrecht. Ihre Deckschuppen steigen am Grunde fast senkrecht auf und gehen in lange, zugespitzte, grüne, ziemlich horizontal gerichtete Fortsätze aus; sie verbergen vollkommen die sehr viel kleineren Fruchtschuppen (Fig. 30), die am Grunde auf ihrer Oberseite je zwei Samenanlagen tragen, welche ihre in einen einseitigen, helmartigen Lappen ausgezogene Mikropyle so nach unten und aussen wenden, dass die Mikropylenlappen in die kanalähnlichen Räume hineinragen, welche sich infolge der Verschmälerung des Grundes der Zapfenschuppen längs der Achse hinziehen. Nach den Be-

[1]) Councler, C. in Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1884. S. 1—16.
[2]) Tschirch, A. u. Weigel, G. in Archiv der Pharmacie, Bd. 238. 1900. S. 411

Fig. 29. *Abies alba.* Weibliche Blüte zur Zeit der Anthese; 2 : 1. (Orig. Votteler).

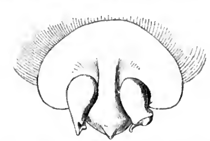


Fig. 30. *Abies alba.* Fruchtschuppe mit 2 Samenanlagen, von der Oberseite; 15 : 1. (Orig. K.)

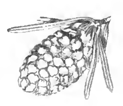


Fig. 31. *Abies alba* Männliche Blüte; 2 : 1. (Orig. Votteler).

obachtungen von Delpino[1]) und Strasburger (73) sondert die Mikropyle auch hier, wie bei *Taxus*, zur Zeit der Geschlechtsreife der Samenanlage ein Flüssigkeitströpfchen aus, an welchem die bis hierher transportierten Pollenkörner hängen bleiben, um mit dem Tröpfchen in die Mikropyle eingesogen zu werden; auch für *Abies* nimmt Delpino ein Aufsteigen der Pollenkörner in der Mikropylenflüssigkeit bis zum Nucellus der Samenanlage an.

Die männlichen Blüten (Fig. 31) haben die Gestalt eines länglichen, zur Zeit des Stäubens 20—27 mm langen Kätzchens, welches am Grunde von zahlreichen bräunlichen Schuppenblättern umgeben ist, sich in der Regel schräg nach abwärts richtet und eine gelbe Farbe zeigt. Die zahlreichen Staubblätter bestehen aus einer keulenförmigen, fast sitzenden, an der Spitze mit einem kammartigen Konnektiv-Fortsatz versehenen Anthere (Fig. 32), deren beide der Länge nach neben einander liegende Fächer gewöhnlich nach oben gewendet sind und sich durch einen Querriss öffnen. Wegen der verschiedenartigen Lage der männlichen Blüten fällt beim Aufspringen der Antheren aus



Fig. 32. *Abies alba.* Staubblatt in geöffnetem Zustand; 15:1. (Orig. K.)

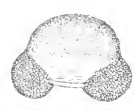


Fig. 33. *Abies alba* Pollenkorn; 290:1. (Orig. K.)

deren weit klaffender Wand ein Teil des gelben mehligen Pollens sogleich aus der Blüte heraus, während ein anderer Teil bei ruhiger Luft auf tiefer stehende Antheren, deren aufgebogene Konnektiv-Kämme sie dazu geeignet machen, zur zeitweiligen Ablagerung gelangt, um früher oder später von einem Windzuge fortgeführt zu werden (95). Die gelben Pollenkörner (Fig. 33) sind ca. 0,130 mm lang, 0,080 mm dick, ihre Exine ist an beiden Enden des Pollenkornes von der Intine abgehoben und bildet zwei ungefähr halbkugelige, mit Luft erfüllte Blasen, welche als „aërostatischer Apparat" dazu dienen, das spezifische Gewicht des Pollenkornes zu verringern und zugleich seine Oberfläche zu vergrössern, sodass es leicht transportabel für den Wind wird. Da im allgemeinen die weiblichen Blüten am Baume oberhalb der männlichen stehen, so ist vielfach ein Auftrieb des Pollens durch den Wind zum Eintritt der Bestäubung erforderlich und deshalb Regenwetter derselben hinderlich. Der Pollen entweicht in reichlicher Menge in Form gelblicher Wolken aus den männlichen Blüten in die Luft, wird auf weite Entfernungen fortgeführt und gelegentlich mit Regengüssen oder durch Luftströmungen an der Oberfläche von Pfützen als sog. Schwefelregen oder in Seen als „Seeblüte" abgelagert. An die weiblichen Blüten gelangt, fällt der Pollen auf die etwas gewölbten, in ihrem hinteren Teil stark abschüssigen Deckschuppen, rollt auf ihnen an den Rändern der Fruchtschuppe hinab und gelangt auf diesem Wege an den Mikropylenlappen, von dem

[1]) Note ed osservazioni botaniche. Decuria seconda. Malpighia IV. 1890.

er wie von einer hohlen Hand aufgefangen wird. Bestäubung durch Pollen, der von demselben Baume stammt, also autogenetische Bestäubung, soll nach Borggreve[1]) zu keinem Samenansatz führen.

Nach der Bestäubung verharren die Ränder der Mikropyle noch längere Zeit in unveränderter Gestalt und Lage, auch bleibt die Mikropyle geöffnet (73); später legen sich die den Zapfen bildenden Schuppen dicht aufeinander und verstärken den Schutz, welchen sie durch den dichten Zusammenschluss den sich entwickelnden Samen gewähren, noch weiter dadurch, dass an der Oberfläche der Fruchtschuppe, mit Ausnahme des Samens selbst und seines Flügels, Haarbildungen auftreten (79). An dem heranwachsenden Zapfen (Fig. 24, S. 87), welcher die aufrechte Stellung der Blüte beibehält, verholzen die sehr stark sich vergrössernden Fruchtschuppen, wie auch die immer noch zwischen ihnen hervorragenden, keilförmigen, nach der Spitze allmählich verbreiterten Deckschuppen, und die Zapfen nehmen erst eine blaugrünliche, später eine grünlichbraune Färbung an. Der reife Zapfen ist stellenweise von Harztropfen bedeckt, welche aus den in den Zapfenschuppen enthaltenen Harzgängen ausfliessen; er ist 28—46 mm dick, 75—170 mm, bisweilen auch bis 30 cm lang (37), zwischen seinen Fruchtschuppen ragen die Enden der Deckschuppen hervor. Die Zeit der

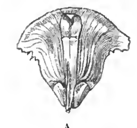
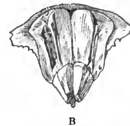
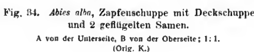



A B

Fig. 34. *Abies alba*, Zapfenschuppe mit Deckschuppe und 2 geflügelten Samen.
A von der Unterseite, B von der Oberseite; 1:1. (Orig. K.)

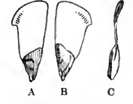

A B C

Fig. 35 *Abies alba*. Same mit festem Flügel.
A von der oberen, B von der unteren, der Schuppe zugekehrten Seite, C im Profil; 1:1. (Orig. K.)

Samenreife tritt in niederen Lagen im September bis Oktober, in Gebirgsgegenden Ende Oktober oder Anfang November ein, und im Laufe des Winters, besonders nach Einwirkung von Frost, zerfällt der Zapfen, dessen Spindel noch lange auf dem Zweige stehen bleibt, in seine einzelnen Schuppen, wobei die Samen entweder einzeln für sich oder an den grossen Fruchtschuppen haftend (Fig. 34) herabfallen.

Die Samen (Fig. 35) haben eine verkehrt-kegelförmige, fast 3kantige Gestalt, sind 8—13, im Mittel 10,5 mm lang, glänzend, braun, auf der Unterseite mit einer lang-dreieckigen glänzenden Partie, ihrer ursprünglichen Anheftungsstelle; sie sind mit einem festen, nicht abfallenden Flügel versehen, welcher bereits an der Samenanlage als Anhang des Integumentes zu erkennen, und nicht, wie häufig beschrieben wird, aus einer oberflächlichen Schicht der Fruchtschuppe hervorgegangen ist. Am reifen Samen ist er von verlängert-dreieckiger Gestalt, ziemlich unregelmässig längs gefaltet, der Länge nach ein wenig konkav, der Quere nach schwach S-förmig gekrümmt; er überzieht auch die ganze

[1]) Verhandl. d. naturh. Ver. d. preuss. Rheinlande u. Westfalens. Sitzungsber. 1875. S. 7 u. 32.

Fläche der Samenschale mit Ausnahme der Anheftungsstelle des Samens (78). Die Samen sind anemochor und gehören zum Typus der Schraubendrehflieger (34), stellen sich beim Fallen meist so, dass der Hinterrand des Flügels aufwärts, der verstärkte Vorderrand abwärts zu liegen kommt, und fallen unter horizontaler Drehung in ruhiger Luft senkrecht oder auch in einer spiraligen Bahn herab. Wegen ihres nicht unbedeutenden Gewichtes drehen sie sich meistens nicht rasch und können nur von heftigeren Winden auf eine grössere Entfernung von der Mutterpflanze fortgetragen werden. Das Durchschnittsgewicht eines Samens beträgt 0,045 g, das Gewicht eines Liters Samen 325 g, in 1 Kilo reiner Samen sind 17 770 grosse Körner oder 22 120 Körner mittlerer Grösse oder 26 170 kleine Körner enthalten.[1]) Die weiche Samenschale enthält — wohl als Schutzmittel gegen Tierfrass — mit Terpentin angefüllte Hohlräume, der Keimling liegt gekrümmt in dem ölhaltigen Nährgewebe, ist chlorophyllhaltig, goldgelb bis hellgrün gefärbt und hat 4—8, meistens 5 Kotyledonen (186). Die Keimfähigkeit der Samen hält sich gewöhnlich nur bis zum nächsten Jahre nach ihrer Reife. Die durchschnittliche jährliche Samenproduktion der Tanne wurde nach den 20jährigen in Preussen darüber angestellten Beobachtungen[2]) auf 34,6 % einer vollen guten Ernte festgestellt. Hinsichtlich der Wiederkehr der Samenjahre verhält sich die Tanne ähnlich wie die Fichte, indem verhältnismässig sehr gute und sehr geringe Samenjahre vorherrschen; 3 Jahre genügen durchschnittlich, um das einer guten Ernte entsprechende Samenquantum zu liefern, unter ungünstigen Verhältnisse sind jedoch bis 5 Jahre hierzu erforderlich.

Eine andere natürliche Vermehrungsweise als durch Samen, besitzt die Tanne unter normalen Verhältnissen nicht. Bei künstlichen Pfropfungen kann sie als Unterlage für andere *Abies*-Arten verwendet werden, und zeigt an der Veredelungsstelle eine so vollkommene Verwachsung der entsprechenden Gewebe, dass sich zwischen ihnen sogar Plasmaverbindungen ausbilden. Bei solchen Veredelungen bildet, wenn Seitenzweige als Pfropfreiser verwendet werden, nur ein Bruchteil der Pflanzen einen regelrechten Gipfeltrieb, bei dem die Dorsiventralität verschwindet.[3])

3. Gattung. **Picea Dietr.**

3. **Picea excelsa Lk., Fichte.** (Bearbeitet von Schröter und Kirchner.)

Die Fichte ist ein fakultativ symbiotropher, immergrüner Wipfelbaum. Sie ist der verbreitetste und am vielseitigsten verwendbare Nadelbaum Mitteleuropas, der häufigste und wichtigste Waldbaum unseres Gebietes. Mit der Tanne zusammen nimmt sie 22,6% des deutschen Forst-Areales ein[4]), im „mitteldeutschen Fichtengebiet“ Borggreve's, der „hercynischen Fichtenwaldzone“ Drudes (böhmisches Randgebirge, Thüringerwald, Harz) bedeckt sie $^9/_{10}$ der gesamten Waldfläche. Als „Schattholzart“ wird sie in dieser Hinsicht unter den Nadelhölzern nur von der Tanne und Eibe, unter den Laubhölzern von der Rot- und Weissbuche übertroffen. Sie erhält sich unter lichtem Schirm eine geraume Zeit, oft 15 und 20 Jahre, lebenskräftig; je mehr ihr der Standort zusagt, desto widerstandsfähiger ist sie gegen Lichtentzug; auf frischen, lehmreichen Böden hält sie in der

[1]) Badoux in Mitteil. der schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchsw. Bd. 4. 1895. S. 252.

[2]) Schwappach in Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Bd. 27. 1895. S. 147.

[3]) E. Strasburger, Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. Bd. 36. 1901. S. 543.

[4]) Borggreve, B. Die Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der wichtigern Waldbaumarten innerhalb Deutschlands. Forschungen zur deutschen Landes- u. Volkskunde. Bd. 3. Heft 1. Stuttgart 1899.

frühesten Jugend unter dichter Grasüberdeckung und geschlossenem Buchenaufschlag (z. B. in der bayerischen Hochebene), sogar unter Buchenschirm (im bayerischen Wald) lange Zeit — bis zu 82 Jahren — aus, ohne die Fähigkeit zu normaler Weiterentwicklung einzubüssen. Auf diese Verhältnisse ist es wohl zurückzuführen, wenn berichtet wird,[1]) dass die Fichte in Ostpreussen und den russischen Ostseeprovinzen stärkere Beschattung ertragen könne, als im westlichen und südwestlichen Deutschland. Je weniger zusagend der Standort, desto lichtbedürftiger wird die Fichte, wie überhaupt jede Pflanze um so weniger Licht braucht, unter je günstigeren sonstigen Vegetationsbedingungen sie sich befindet. Diese Anspruchslosigkeit hinsichtlich des Lichtbedürfnisses findet ihren Ausdruck in der dichten Nadelstellung, der weit herabreichenden Beastung, bei der die unteren Äste die Beschattung durch die oberen ertragen, in dem Gedeihen in dichtem Schatten, in der Unduldsamkeit gegen lichtbedürftige Holzarten und in der verhältnismässig dünnen Borke des Stammes, der durch die dichte Krone bereits geschützt wird.

Die Transpirationsgrösse der Fichte beträgt auf 100 g Blatttrockensubstanz in 1 Jahr 20636 g Wasser (33), ist also bedeutend grösser als bei Weisstanne, Schwarzkiefer und Kiefer, aber viel geringer als bei der Lärche. Der Wassergehalt frischer 1jähriger Fichtennadeln beträgt durchschnittlich 61,65 % (18). Zu ihrem Gedeihen verlangt die Fichte feuchte Luft und einen gleichmässig durchfeuchteten Boden; ihr massenhaftes Auftreten in den höheren, mit grösserer Luftfeuchtigkeit ausgestatteten Bergregionen, an den nördlichen Seeküsten, ihr mangelhaftes Gedeihen an den lufttrockenen Orten der kontinentalen Tieflandsbezirke deuten auf ihren hohen Anspruch an Luftfeuchtigkeit hin. Der Bedarf an Bodenfeuchtigkeit kommt jenem der Buche nahe, er ist so gross, dass z. B. in den russischen Ostseeprovinzen die Fichte fast ausschliesslich in den sumpfigen Tiefebenen und Flussniederungen gefunden wird, und gerade auf solchem Boden ihre riesigsten Dimensionen erreicht (224). Raesfeldt[2]) berichtet, dass im bayerischen Wald die Fichte in den durch mässige, aber konstante Bodennässe charakterisierten Auwäldern ein sehr gesuchtes Holz erzeugt, das sich durch Gleichmässigkeit der Jahrringe auszeichnet und daher besonders für musikalische Instrumente geeignet ist.

Über das Wärmebedürfnis der Fichte liegen folgende Angaben vor. Die Jahres-Isotherme der Fichtengrenze ist nach A. Kerner[3]) 1,625° C; indessen macht in den Schweizer Alpen die Fichte vielfach erst bei niedrigeren Isothermen Halt, so am Gotthard bei 0,4°, an der Grimsel bei 0,5° C. Nach Purkyne verlangt sie eine mittlere Julitemperatur von mindestens + 10° C und erträgt nicht über + 18,75° C mittlere Temperatur des Juli[4]) und nicht unter — 12,5° C mittlere Januartemperatur (224). Das Temperatur-Optimum liegt für die Atmung beblätterter Zweige nach Ziegenbein[5]) und Detmer[6]) bei 35° C, das Maximum

---

[1]) Guse in Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen. Bd. 12. 1880. S. 334.

[2]) v. Raesfeldt, Der Wald in Niederbayern nach seinen natürlichen Standortsverhältnissen. 1. Der bayerische Wald. 13. Bericht des Bot. Ver. in Landshut. 1894.

[3]) Studien über die oberen Grenzen der Holzpflanzen in den österreichischen Alpen. II. Fichte. Österr. Revue. 1864. Bd. 2. S. 211. Bd. 3. S. 187.

[4]) Von Tursky (Referat im Botan. Jahresbericht, Bd. 7. Abt. 2. 1879. S. 307) wird als höchste ertragbare Mitteltemperatur des Juli für Russland 19 und sogar 19,5° C angegeben.

[5]) Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. 25. 1893. S. 563.

[6]) Ber. d. Deutschen Botan. Ges. Bd. 10. 1892. S. 536. — Die für die Tanne oben S. 78 angeführten Zahlen beziehen sich nicht auf diese, sondern auf die in Detmers Aufsatz als „*Abies*“ bezeichnete Fichte.

nach Ziegenbein bei 50, nach Detmer bei 45 °C, das Minimum nach Jumelle[1]) bei — 10° C. Derselbe Autor gibt die untere Temperaturgrenze für die Assimilation als unterhalb — 40° C liegend an. Durch Winterkälte wird die Fichte selten geschädigt, durch Spätfröste leidet sie vorzugsweise in der Jugend (150).

In den Alpen und mitteldeutschen Gebirgen zieht der Baum nach Kerner (a. a. O.) die südwestlichen, südlichen, westlichen und südöstlichen Hänge den nordwestlichen, nördlichen, östlichen und nordöstlichen vor.

Was die Ansprüche der Fichte an die mineralischen Nährstoffe des Bodens anbelangt, so ergibt sich aus dem Reinaschengehalt ihrer Nadeln, welcher 2,4 bis 2,8 % der Trockensubstanz beträgt, sowie aus der Zusammensetzung der Holzasche, dass jene Ansprüche geringer als die der Tanne und der Lärche, aber grösser als die der gemeinen Kiefer sind. Durch die Holzernte von einem 100—120jährigen Fichtenwald werden dem Boden pro Jahr und Hektar 23—24 kg mineralische Nährstoffe, darunter 4—4,5 kg Kali und 1,4—2,5 kg Phosphorsäure entzogen (vergl. die Angaben für die Tanne S. 78 f.); in dem Bedürfnis nach Kalk, wovon unter denselben Verhältnissen von der Fichte 9—11 kg aufgenommen werden, übertrifft sie die Tanne bedeutend und stellt sich ungefähr der Rotbuche gleich, dagegen enthält sie bedeutend weniger Kali als die Tanne. Sonach sind humose, kalkhaltige Böden mit mässigem Ton- oder Lehmgehalt für das Gedeihen der Fichte ausreichend (18). Die geognostische Unterlage scheint ihr gleichgültig zu sein, man findet sie in kräftigem Wachstum auf Urgebirge, Kalkböden und Alluvialböden der verschiedeusten Art, sofern nur der Boden weder arm noch trocken ist (150). Sie kommt auch auf ganz flachem felsigem Grund bei genügender Feuchtigkeit fort, bindigen Boden zieht sie, wenn er beschattet ist, dem lockeren vor, Humusreichtum ist ihrer Entwicklung förderlich. Auf armen Sand- und Kiesböden, sowie auf stark durchsäuertem Torfboden gedeiht sie nicht; auf letzterem nimmt sie in den Ostseeprovinzen die eigentümliche Form der „Sumpffichte" (s. unten S. 122) an. In ihrem Stickstoffbedürfnis unterscheidet sich die Fichte nicht erheblich von Tanne und Kiefer, denn nach den Berechnungen von E. Ebermayer[2]) bedarf sie bei mittlerer Produktion an Holz und Blättern pro Jahr und Hektar 38 kg Stickstoff (die Tanne 41, die Kiefer 34 kg).

Das gesamte Verbreitungsgebiet der *Picea excelsa* Lk., inbegriffen die nur als Abart zu betrachtende „Kontinental-Varietät" *P. obovata* Ledeb., erstreckt sich über folgende Bezirke (vgl. Fig. 36 für die Verbreitung in Europa):

In west-östlicher Richtung von den Pyrenäen bis zum Ochotskischen Meere (in Japan fehlt sie nach Mayr), in südnördlicher Richtung in Europa von den Pyrenäen (bei 42° 30′ n. Br.), den Euganëischen Bergen (bei 44° n. Br.), dem nördlichen Albanien, dem Sandschak Novibazar, den Gebirgen Bulgariens und von Mittelrussland unter 50—56° 30′ n. Br. bis 69° 30′ in Finnmarken; in Asien vom Thianschan, der Dsungarei, vom See Kuku-Nor (nach Przewalski) unter 37° n. Br. und vom Amurgebiet bis 69° 5′ am Jenisei. Die Fichte fehlt in Europa auf der iberischen Halbinsel, in Italien und Griechenland, im grössten Teil von Frankreich, auf den britischen und dänischen Inseln, in Belgien, den Niederlanden, Jütland und im westlichen und mittleren Teil der norddeutschen Ebene; im nordwestlichen deutschen Flachland und in Schleswig-Holstein war sie nach Weber und Knuth in vorgeschichtlicher Zeit verbreitet, wie Moorfunde beweisen. Drude (vgl. S. 101 Anm. 1) bezeichnet das Areal der Fichte mit Mb[1] = erweitertes mitteleuropäisch-boreales Areal; die gleiche Bezeichnung tragen *Sorbus aucuparia, Poa Chaixii, Polygonatum verticillatum, Circaea alpina, Campanula latifolia, Melampyrum silvaticum.*

[1]) Recherches physiologiques sur les lichens. Revue générale de botanique, tome 4. 1892. S. 49.

[2]) Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882. S. 66.

In unserem Gebiet ist der nähere Verlauf der Grenze folgender. Von den Zentral-Pyrenäen streicht die Westgrenze gegen Nordosten durch Mittelfrankreich nach den Vogesen, deren Kamme sie folgt, dann läuft sie in nördlicher Richtung durch die Pfalz, schneidet den Rhein ungefähr unter 50° n. Br. und tritt in den Taunus ein, von wo aus sie einen gegen Nordwesten gerichteten Bogen durch Westfalen bildet und weiter gegen Norden, den Teutoburger Wald westlich lassend, zum Wesergebirge hinzieht, wo sie in der Gegend von Minden i. W. bei 52° 20′ ihren nördlichsten Punkt im westlichen Norddeutschland erreicht (224). Von hier geht die Grenzlinie in ostsüdöstlicher Richtung, südlich von Hannover über Hildesheim, Wolfenbüttel, Walbeck bei Oehtmersleben westlich von Magdeburg, dann ein Stück weit in nordsüdlicher Richtung über Halberstadt, Quedlinburg, Ballenstedt, Sangershausen, Weissenfels, Zeitz bis Altenburg, von dort unter zahlreichen Aus- und Einbiegungen in südwestlich-nordöstlicher Richtung über Borna, Rötha (südl. v. Leipzig), Wurzen, Schildau, Röderau, Elsterwerda,

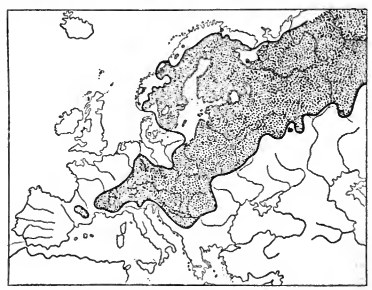


Fig. 86. Verbreitung der Fichte in Europa
(nach J. Holmboe, Planterester i Norske torvmyrer. Kristiania 1903).

Schlieben nach Kalau, Spremberg, Sorau, Züllichau und Ostrowo, schneidet ungefähr unter 52° n. Br. die preussisch-russische Grenze und verläuft dann etwa parallel zu derselben bis Gilgenberg in Ostpreussen, um von dort, zugleich wieder zur Westgrenze werdend, bei Elbing die Ostseeküste zu erreichen, von wo sie nach Südschweden übersetzt.[1])

Das deutsche Hügel- und Bergland hat fast in seiner ganzen Ausdehnung ursprünglichen Anteil an der Fichte; ausgenommen erscheinen einstweilen das Gebiet der Thüringer Saale nördlich vom 51° n. Br. mit anschliessendem Unstrut-Helme-Gebiet, und gewisse Strecken der niederrheinischen Hügelwaldungen,

[1]) Vgl. die Karte in: F. Höck, Nadelwaldflora Norddeutschlands. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Bd. 7. Heft 4. 1893. und in O. Drude, Der hercynische Florenbezirk. Leipzig 1902.

wo — wie an der Saale — die Laubwälder als ursprünglich anzusehen sind. Auch weite Strecken des von der Nordgrenze der Fichte umschlossenen Geländes haben im Innern sicherlich ursprünglich keine Fichtenbestände gehabt, so im Gebiet des Maines und im böhmischen Kessel[1]) (86). Eine ähnliche Anschauung über die starke künstliche Ausbreitung der Fichte ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsbezirkes finden wir auch bei Arn. Engler[2]), der für das Schweizerische Mittelland eine frühere stärkere Herrschaft des Laubwaldes und der Weisstanne gegenüber der Fichte wahrscheinlich zu machen sucht.[3]) Für Süddeutschland stellt R. Gradmann[4]) den Sachverhalt folgendermassen dar: „In einer Zeit, da der Urwald noch nicht durch mächtige Rodungen unterbrochen und zerstückt war, muss zwischen Fichte und Buche, die vermöge ihres geringen Lichtbedürfnisses allen andern Baumarten im Kampf um den Standort überlegen sind, ein unaufhörlicher Grenzstreit getobt haben. Fassen wir die gegenwärtigen Verbreitungsverhältnisse innerhalb Süddeutschlands als Ergebnis dieses Kampfes auf, so lassen sie sich auf folgende Regeln zurückführen. 1. In der Tiefregion bis zu 400 m aufwärts ist die Buche unbedingt und auf allen Bodenarten der Fichte überlegen; daher ist in dieser Region die Fichte nirgends einheimisch, trotzdem sie in der Kultur sich lebensfähig zeigt. 2. Auf den oberen Stufen der Bergregion ungefähr von 1000 m an, ist umgekehrt die Fichte unbedingt und auf allen Bodenarten überlegen; sie herrscht in dieser Höhe auch im Jura und in den Kalkalpen. 3. Die untere Bergregion zwischen 400 und 1000 m ist der eigentliche Schauplatz des Kampfes; für dessen Entscheidung gibt einerseits die Bodenbeschaffenheit, andererseits die Nachbarschaft unbedingter Nadelholzgebiete den Ausschlag. In ersterer Beziehung erlangt auf Sand und sandigem Lehm die Fichte ein entschiedenes Übergewicht, auf Kalkboden kann dagegen die Buche das Feld behaupten, wenn sie nicht unter dem Einfluss der starken Expansionsfähigkeit des Nadelwaldes (der Folge regelmässiger und reicherer Samenerzeugung) so zurückgedrängt wird, dass sie sich nur auf dem trockenen Kalkboden zu behaupten vermag." Auch im bayerischen Wald lässt sich dieser Kampf zwischen Buche und Fichte erkennen; „immer wieder tritt in einer gewissen Höhenregion derselbe Vorgang ein: anfangs scheinbar reiner Buchenaufschlag, kaum bemerkbar unter demselben einzelne kümmerliche Fichtenpflänzchen; nach Verlauf einiger Jahre dieselben Fichten im Begriffe, das Schirmdach der Buchen zu durchbrechen, endlich im Stangenholzalter die Fichten den herrschenden Bestand bildend und die Buchen zum Neben- und Unterbestand herabgedrückt".[5]) In dem bekannten Sihlwald, der Stadtwaldung Zürichs am Abhang des Gebirgsrückens des Albis, liess sich der umgekehrte Vorgang feststellen: Ersatz eines Fichtenwaldes im Laufe einiger Jahrhunderte durch Buchenwald; es konnte hier aber nachgewiesen werden, dass dabei wirtschaftliche Eingriffe massgebend waren.[6]) Solche können andrerseits auch die Fichte begünstigen: Der Ebersberger Staatsforst zwischen München und Wasserburg (2636 ha zusammenhängendes Waldland) bestand bis zum Ende des 17. Jahrhunderts zu $^2/_3$ aus Eichenwald, zu $^1/_3$ aus Buchenwald mit vereinzelten Fichten; nach Durchforstung und Lichtung fand sich Fichtenanflug ein, der immer mehr überhand nahm und trotz aller dagegen angewandten Mittel schliesslich die Eichen und

[1]) Dagegen ist das Indigenat der Fichte im Harz trotz der gegenteiligen Ansicht von Hampe, André und Peter nach den Ausführungen von Drude (Der hercynische Florenbezirk. S. 495) wohl sichergestellt.

[2]) S. Anm. 1 auf S. 80.

[3]) Vergl. auch Berg in Allgem. Forst- und Jagdzeitung. Bd. 21. 1845. S. 297.

[4]) Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. 2. Aufl. Tübingen 1900. Teil I. S. 327.

[5]) v. Raesfeldt a. a. O.

[6]) Vergl. Meister, U. Die Stadtwaldungen von Zürich. 2. Aufl. Zürich 1903.

Buchen völlig verdrängte.[1]) Im Ostbalticum ist die Fichte überall in siegreichem Vordringen: sie unterdrückt, unterstützt durch den ihren Keimpflanzen günstigen Moosteppich, auf Neuland die zuerst sich ansiedelnden Birken, Erlen und Kiefern, sie ersetzt die von Menschen zerstörten Eichenwälder, folgt an den Uferstrecken den Weiden und Erlen, besiedelt auf flachgründigem Boden die „Kaddikheiden“ (Wachholdergebüsche), sobald die Schafweide ausgeschlossen wird, und kommt auf Flachmooren vor; sie fehlt nur auf Sandboden (wo die Kiefer herrscht) und an den nordöstlichen, östlichen und südöstlichen Hängen, wo es ihr zu trocken ist.[2]) Diese Expansionsfähigkeit der Fichte hat in Savoyen zu dem Volkswitz geführt, dass sie auf den Kaminen und selbst in den Kesseln der Bergbewohner wachsen würde, wenn man sie nicht ausrottete; dort sieht man in der Tat Fichten auf den Stroh- und Schindeldächern aufkeimen.[3]) In der hohen Tatra breitet sich *Picea* auf Kosten von *Abies* aus.[4])

Die Höhengrenze für das Vorkommen der Fichte ergibt sich aus folgenden Daten. In den Zentralpyrenäen erreicht sie 1300—1624 m, am Canigou 2411 m, am Mont Ventoux in Frankreich 1720 m. In der Schweiz beträgt die Höhengrenze im Jura (184) 1400 m; im Wallis (nach Jaccard) im Mittel 2000, im Maximum 2210 m; im Kant. Tessin (Imhof[5]), 19) im Mittel 1800, im Maximum 2200 m; im Berner Oberland (Imhof) im Mittel 1880—1980, im Maximum 2100 m; in der Zentral- und Ostschweiz (Imhof) im Mittel 1800—1880, im Maximum 2100 m; in den Voralpen (Imhof, Wartmann und Schlatter) im Mittel 1650—1780, im Maximum 1900, für alte tote Stöcke bis 2000 m. Für den Hauptzug der bayerischen Alpen ist die Grenze bei 1798 m festgestellt, für die österreichischen Alpen im allgemeinen gibt A. Kerner (a. a. O.) an:

	Nördl. Kalkalpen östl. der Enns	Nördl. Kalkalpen westl. vom Inn	Tiroler Zentralalpen	Mittel
Mittlere Grenze der Krüppel	1695 m (Max. 1786)	1863 m (Max. 1941)	2005 m (Max. 2243)	
Mittlere Grenze vereinzelt. Hochstämme	1553 „ („ 1763)	1709 „ („ 1844)	1941 „ („ 2043)	
Mittlerer Abstand				
a) der Fichtenwaldgrenze von der oberen Grenze der Krüppel	278 „	270 „	148 „	232 m
b) der Fichtenwaldgrenze v. d. Fichtenbaumgrenze .	152 „	89 „	84 „	108 „
c) der Fichtenbaumgrenze v. d. Fichtenkrüppelgrenze	126 „	181 „	64 „	124 „

In Südtirol liegt die Höhengrenze bei 2075 m, in den Niederösterreichischen Alpen (nach Beck) bei 1629, für die Strauchform bei 1853 m. Die Fichtenwald-

[1]) Sendtner, O. Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. München 1854. S. 474.

[2]) Klinge, J. in Baltische Wochenschrift für Landwirtschaft, Gewerbefleiss und Handel. Dorpat 1892.

[3]) Guinier in Société forest. de Franche Comté et Belfort. Besançon 1903.

[4]) Greisiger, M. nach Botan. Jahresbericht. Bd. 17. Abt. 2. 1889. S. 56.

[5]) Imhof, E. Die Waldgrenze in der Schweiz. Gerlands Beiträge zur Geophysik. Bd. 4. Heft 3. Leipzig 1900.

Grenze in den Karpathen und Siebenbürgen ist (nach Pax) in den Westkarpathen. Zentralkarpathen und der Niederen Tatra 1510 m, Babia Gora ca. 1290 m, nördl. Siebenbürgen 1600—1700 m, Transsilvan. Alpen 1800 m, Biharia und Mühlbachgebirge 1850 m.

Das Ansteigen der Fichten-Höhengrenze aus höheren in die niederen Breitengrade wird aus folgender Zusammenstellung Kerners (a. a. O.) ersichtlich.

	Nördl. Breite.	Fichtengrenze.	Nördl. Breite.	Fichtengrenze.	
Norwegen	67°	0 m	56°	954 m	
	66°	253 „	55°	961 „	
	65°	442 „	54°	667 „	
	64°	544 „	53°	973 „	
	63°	679 „	52°	979 „	Mitteldeutschland.
	62°	815 „	51°	1138 „	
	61°	964 „	50°	1280 „	Sudeten, Gesenke.
	60°	1027 „	49°	1437 „	Böhm. u. Bayr. Wald.
	59°	942 „	48°	1627 „	Alpen.
	58°	948 „	47°	1833 „	
	57°	948 „	46°	2117 „	

Aus diesen und andern Angaben von Kerner, Sendtner und Willkomm lassen sich folgende Ergebnisse über den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Lage der oberen Fichtengrenze ableiten. Sie wird nach oben verschoben: in grossen Massenerhebungen; von Norden nach Süden; durch günstige Exposition (besonders SW und S, weniger SO und W), sodass z. B. in den österreichischen Alpen der Unterschied zwischen der günstigsten (SW) und der ungünstigsten (NO) Lage im Mittel 198 m beträgt. Herabgedrückt wird die Fichtengrenze: von Süden nach Norden; von den Massenerhebungen nach aussen; durch ungünstige Exposition (besonders NO und N, weniger NW und O); durch die Nähe ausgedehnter kontinentaler Flächen mit trocknen Sommern — so erklärt sich das Herabsinken der Grenze in den östlichen Alpen.

Die Fichte ist im Norden ein Baum der Ebene, in Mittel- und Südeuropa ein ausgesprochener Gebirgsbaum, dessen untere Grenze in den östlichen Ausläufern der nördlichen Karpathen nach Kerner bei 300 m liegt, sich in den östlichen Karpathen im Mittel auf 885 m, im Bihariagebirge (unter dem Einfluss des nahen ungarischen Tieflandes) bis 1192 m erhebt und in den südlichen Alpen zwischen 948 und 1264 m gelegen ist. Aber auch für Deutschland stellt Drude das obere Bergland und die subalpinen Formationen als „unbestrittene Heimat der Fichte" hin, und für Österreich charakterisiert Wessely[1]) die Rolle der Fichte als „die Holzart aller Holzarten in den Alpen. In den eigentlichen Hochbergen bildet sie sozusagen allein alle Forste; was man hier schlechthin Holz heisst, ist jederzeit Fichte. Dieser unschätzbare Waldbaum ist in diesen Hochgebirgsforsten, was der schlichte Landmann im Staat; der prunklose, aber unentbehrliche „gemeine Mann", der im einzelnen nur wenig beachtet und durch nichts hervorragend, darum auch öfter über die Achsel angesehen, gleichwohl durch seine vielseitige Brauchbarkeit wie durch seine ungeheure Zahl die Grundkraft der ganzen Gesellschaft bildet." Ähnlich spricht sich Christ (19) über das Verhalten der Fichte in der Schweiz aus: „Der Hauptwaldbaum der Bergregion unseres Gebietes ist die Rottanne — sie steigt herunter bis in die Täler und bildet im grossen ganzen auch die obere Baumgrenze: so weit nicht die Buche in den unteren Lagen eingreift, bildet sie den Hauptbestand und über weite Strecken

[1]) Die österreichischen Alpenländer. Wien 1853.

unserer Alpen ganz reine ungemischte Bestände. Sie gibt den Abhängen unserer Berge den ernsten, oft düsteren Charakter, zu dem das glänzende Grün und das strahlende Licht der höher sich ausdehnenden Alpen in freundlichen Gegensatz tritt. Nur im Zentralalpengebiet von Wallis und Graubünden machen dieser Alleinherrscherin im Alpenwalde die Lärche und die Arve den Rang streitig, ohne sie jedoch ganz zu verdrängen, und auf dem Jura wird sie in der tiefern Lage, von 700—1300 m. ersetzt durch die Weisstanne, und erscheint nur als subalpine Waldgrenze über dem breitern Weisstannengürtel auf den höchsten Rücken."

In mannigfaltiger Form tritt die Fichte als Bestandteil von Waldformationen auf. Im Gebiete des „hercynischen Florenbezirkes"[1]) spielt sie nach der Darstellung von Drude folgende Rolle: Dem Kiefernwald der norddeutschen Niederung mischt sie sich in kümmerlichen Exemplaren bei, den Auwald der Überschwemmungszone der Flüsse bildet sie oft vorherrschend, aber nur in der Bergregion (mit Sphagneten und *Vaccinium uliginosum* nebst *Listera cordata, Carex pauciflora, Corallorrhiza innata, Calamagrostis Halleriana, Luzula silvatica*); den Auewäldern der Niederung fehlt sie, kommt dagegen in den Bruchwäldern und Waldmooren vor. Herrschend tritt sie auf in den „oberen hercynischen Fichtenwäldern" bis zur Baumgrenze; als Begleiter dieser reinen Bergfichtenwälder Mitteldeutschlands finden sich *Sorbus aucuparia* auf Felsen, *Calamagrostis Halleriana*, montane Farne, die gewöhnlichen *Vaccinien* mit *Oxalis Acetosella, Pirola uniflora* und *Melampyrum silvaticum*, an nassen Stellen *Mulgedium alpinum*; ferner *Monotropa Hypopitys, Epipactis latifolia, Polygonatum verticillatum, Majanthemum bifolium, Epilobium montanum, Phyteuma spicatum, Arnica montana, Solidago Virgaurea, Gnaphalium silvaticum, Senecio Fuchsii, Myosotis silvatica, Geranium silvaticum, Actaea spicata, Silene inflata*; hiezu die montan-alpinen Arten *Ranunculus platanifolius, Rumex arifolius, Digitalis purpurea, Prenanthes purpurea, Homogyne alpina, Soldanella montana* und *Doronicum austriacum*. „Meilenweit erstrecken sich von 600 m Höhe an, von 800—1000 m zur Alleinherrschaft in den Mittelgebirgen gelangend, diese dunkelgrünen und nebelfeuchten Fichtenwaldungen im Harz, Thüringerwald und Erzgebirge, Riesengebirge und Altvatergebirge, ebenso im Böhmerwald. Auch in den Alpen ist derselbe monotone Wald, gleichsam eine Sperre zwischen die beiden reichen Floren der Hügel- und Hochgebirgsregion einschiebend, mit seiner nur in Moosen und Farnen mannigfachen Vegetation, an Blütenpflanzen unglaublich arm. Mit Ausnahme der des Lichtes nicht bedürftigen Korallenwurz, die zwischen verwesenden Fichtennadeln ihren zierlichen, korallenähnlichen Wurzelstock entfaltet, ist kaum eine dem Fichtenwald eigentümliche Blütenpflanze zu nennen."

In dem weiten Umkreis des Landes vom Harz bis zu den Karpathen und Westalpen kommen aber doch mehr Verschiedenheiten vor, als nach diesem Ausspruch zu erwarten wären, und besonders sind es die mit quelligem Moos (*Plagiothecium undulatum, Hypnum Crista castrensis, Hylocomium triquetrum* und *H. splendens*) bedeckten Fichtenwaldgründe, in denen mit *Crepis paludosa* die zierliche *Listera cordata* wächst, *Streptopus* seine verzweigten Stengel flach ausbreitet, *Prenanthes purpurea* neben *Majanthemum bifolium* und *Polygonatum verticillatum* steht; unter den Farnen ist *Athyrium alpestre* neben dem gemeinen *A. Filix femina* charakteristisch (36). Gradmann gibt (a. a. O.) vom Tannwald (d. h. *Picea excelsa* und *Abies alba*) der Schwäbischen Alb folgende Formationsliste: *Aspidium Filix mas, Athyrium Filix femina, Pteridium aquilinum; Milium*

---

[1]) Derselbe umfasst alle sächsischen Lande und thüringischen Fürstentümer, Hessen-Kassel, das südliche Hannover, ferner Braunschweig, Anhalt und das Magdeburger Land, etwa 1500 geogr. Quadratmeilen Landes im Herzen Deutschlands.

effusum, Luzula pilosa, Phyteuma spicatum, Polygonatum verticillatum, Hieracium murorum, Prenanthes purpurea, Majanthemum bifolium, Oxalis Acetosella, Anemone nemorosa, Hedera Helix; Musci; Fungi; Monotropa Hypopitys. Nach der Schilderung von Warming (205) fehlt im Fichtenwalde das Unterholz, in den dunkelsten Wäldern ist der Boden oft ganz nackt, indem nur einige spärlich entwickelte Moose auf der dichten, oft mehrere cm dicken Nadeldecke gedeihen, aus der sich im Herbste Scharen von Hutpilzen entwickeln. Wo das Licht reichlicher ist, werden die Moose üppiger, die Bodenvegetation kann in guten Wäldern eine zusammenhängende, dichte, gleichförmige, grüne, weiche Moosmatte werden. In die Moosdecke und den losen Boden sind oft Blütenpflanzen eingestreut, viele mit kriechenden Rhizomen (*Oxalis Acetosella, Trientalis europaea, Circaea, Vaccinium Myrtillus, V. Vitis idaea, Anemone*-Arten, *Viola silvatica, Linnaea, Pirola*-Arten, Farne, Bärlappe u. s. w.). Sendtner (a. a. O.) findet für den Fichtenwald Südbayerns folgende Gewäche charakteristisch: *Cardamine impatiens, C. silvatica, Dentaria enneaphyllos, Lunaria redivira, Viola silvestris, Oxalis Acetosella, Chrysosplenium alternifolium, Chaerophyllum hirsutum, Linnaea borealis, Senecio nemorensis, Pirola secunda, P. uniflora, Monotropa Hypopitys, Melampyrum silvaticum, Euphorbia amygdaloides, Mercurialis perennis, Neottia Nidus avis, Goodyera repens, Polygonatum verticillatum, Luzula pilosa, Carex leporina, Bromus asper, Aspidium spinulosum.* Für die Flechten ist der Fichtenwald meist zu dunkel, doch auf magerem Boden und in höheren Gebirgen hängt *Usnea* in langen Bärten von den Zweigen herab und verleiht dem Wald ein eigentümliches Gepräge.

In den luftfeuchten Gebieten der Hochmoorzone der Voralpen wird der Fichtenwald manchmal durch das Überhandnehmen der Torfmoose (*Sphagnum*-Arten) bedroht; in der Flyschzone des Kantons Unterwalden von Sarnen bis Flühli (1100—1753 m) sind solche vermoosende Fichtenwälder, mit der Hochmoorföhre (*Pinus montana* var. *uncinata*) und *Rhododendron ferrugineum* vergesellschaftet, sehr häufig.[1])

Herrliche Bilder bietet der Fichtenwald in den Alpen; sie sind z. B. für das Puschlav, jenes südliche, vom Bernina ins Veltlin führende Alpental, geschildert: „Ernst und feierlich stehen die stillen Bergfichten, dicht behangen mit üppigen, greisenhaften Flechtenbärten. Wie mit Gigantenarmen klammern sie sich mit sehnigen Wurzeln an die Felsen der Blockwildnis, die sie siegreich bezwangen. Ein schwellender Moosteppich giesst sich in grünen Kaskaden von Block zu Block, mit feinen Ranken durchspinnt ihn die liebliche *Linnaea borealis.* Scharenweise drängen sich ihre zierlichen rötlichweisen Blütenglöckchen, das smaragdene Dunkel anmutig erhellend; über ihnen hängt die Alpenrebe (*Atragene*) ihre grossen blauen Glocken an den Felsen auf. Das helle Moosgrün wird kräftig schattiert durch das Dunkelgrün der Preiselbeerrasen, aus denen hin und wieder in leuchtendem Rubinrot ein pilzbefallener Zweig (mit *Exobasidium Vaccinii*) hervorschimmert" (Sch.).

Wirkliche Fichten-Urwälder, von Menschenhand gänzlich unberührt, schildert H. R. Göppert[2]) aus Schlesien und dem Böhmerwald. In Schlesien fand er in der Grafschaft Glatz auf dem 1100 m hohen Fromberg in der Herrschaft Seitenberg bei Landeck einen Fichten-Urwald mit *Sorbus aucuparia, Salix silesiaca* und *Lonicera nigra* als Unterholz, dazwischen hohe Stauden der montanen Region (*Athyrium alpestre, Luzula maxima*); charakteristisch für die Urwaldnatur ist das reihenweise Auftreten junger Fichten auf den vermoderten Stämmen gefallener

[1]) Vgl. Christ, H. Ob dem Kernwald. Basel 1869. S. 168.

[2]) Nova Acta Acad. Leop.-Carol. Bd. 34. Dresden 1868. — Vergl. auch Arn. Engler, Der Urwald bei Schattawa im Böhmerwald. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. 1904. Heft 7.

Riesen, und die Bildung zahlreicher Stelzenfichten. Noch grossartiger sind die Urwälder im Böhmerwald auf den Gütern des Fürsten Schwarzenberg; ihr Gesamtareal wurde 1868 auf 33000 Joch (= 18810 ha) geschätzt, von denen 3200 Joch (= 1824 ha) nach einer hochherzigen Verfügung des Besitzers für alle Zeiten unberührt bleiben sollen.

Mehrfach wird die Tatsache, dass die Fichte im Heideboden nicht gedeiht, dem Umstande zugeschrieben, dass der Wurzelfilz der *Calluna* für die Entwickelung der flach streichenden Wurzeln der jungen Fichten hinderlich sei, indessen ist das schlechte Gedeihen der Fichte auf altem Heideboden nach P. E. Müller[1]) dem Mangel an assimilierbarem Stickstoff zuzuschreiben. „Auf einem stickstoffarmen Boden treffeu die ausschliesslich mit ektotrophen (nicht Stickstoff assimilierenden) Mykorrhizen ausgestatteten Fichten zusammen mit einer äusserst reichen Pilzflora in Verbindung mit einer Flora phanerogamer Pflanzen, die durch ihre endotrophen Mykorrhizen möglicher Weise für den Kampf mit den Pilzen um den spärlich vorhandenen assimilierbaren Stickstoff besonders ausgerüstet sind: da muss natürlich diese Holzart unterliegen."

Einen sehr günstigen Einfluss auf die Jugendentwicklung der Fichte soll dagegen nach den Untersuchungen von H. Reuss[2]) der bisher als eines der lästigsten Forstunkäuter angesehene Besenstrauch (*Sarothamnus scoparius)* ausüben, wenn er in unmittelbarer Nachbarschaft wächst; junge, zwischen Besensträucher gepflanzte Fichten zeigten nach dem 4. Jahre grössere Üppigkeit der Benadelung, lebhaftere Färbung und kräftigere Triebe, als ebenso, aber für sich allein gezogene Pflanzen. Dieses Ergebnis wird von dem Versuchsansteller auf den Einfluss der an den *Sarothamnus*-Wurzeln reichlich entwickelten Bakterienknöllchen zurückgeführt, welche den benachbarten Boden mit Stickstoffverbindungen bereicherten. Von ähnlich günstigem Einfluss auf das Gedeihen der Fichte ist nach den Untersuchungen von P. E. Müller (a. a. O.) ihre Vergesellschaftung mit der Bergföhre. Dieser Beobachter fand, dass auf den alten jütländischen Heideböden die Fichte zu Grunde geht und ihr Verschwinden weder durch Düngung mit Kali, Kalk oder Phosphorsäure, noch durch Kulturen aufgehalten werden kann, wohl aber durch Zwischenpflanzungen von *Pinus montana*; vermutlich ist deren von Moeller aufgefundene, neben der gewöhnlichen ektotrophen auftretende, dichotome und endotrophe Mykorrhizaform imstande, den atmosphärischen Stickstoff zu verarbeiten, und verbessert so den Boden auch zu Gunsten der Fichte. Dass Gründüngung mit Papilionaceen denselben Erfolg hat, ist begreiflich.[3])

Die Keimfähigkeit der Fichtensamen beträgt (bei Handelsware) durchschnittlich 70 %, sie war nach Versuchen von H. Reuss[4]) bei 4jährigen Samen auf 38 % gesunken, aber doch bereits bei 3jährigen Samen so niedrig, dass die praktische Verwendung noch älterer Samen nicht ratsam ist. In Schweden gesammelte Samen unterschieden sich nach A. Petermann[5]) von solchen südlicherer Abstammung nicht nur durch höheres Durchschnittsgewicht, sondern auch durch grössere Keimungsenergie und höhere Keimfähigkeit. Am besten geht die Keimung bei Temperaturen von 17,5—20 ° C vor sich[6]), während eine intermittierende Erhöhung der Keimtemperatur auf 25 oder 30 ° C den Vorgang

[1]) Über das Verhältnis der Bergkiefer zur Fichte in den jütländischen Heidekulturen. Naturwiss. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Bd. 1. 1903. S. 289.

[2]) Weisskirchener Forstliche Blätter. Heft 2. 1903. S. 117—136.

[3]) Koch, Düngung durch lebende Papilionaceen. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 78. 1902. S. 11.

[4]) Centralblatt f. d. gesamte Forstwissenschaft. Bd. 10. 1884. S. 65.

[5]) Nach Botan. Jahresber. Bd. 5. 1877. S. 880.

[6]) Jaschnow, L. nach Botan. Jahresber. Bd. 13, Abt. 1. 1885. S. 20.

hemmend beeinflusst[1]). Das Temperaturminimum für die Keimung liegt bei 7—11° C., das Optimum in der Nähe von 19° C, beide Kardinalpunkte, sowie auch das Maximum fallen für solche Samen, welche aus tieferen und wärmeren Lagen herstammen, höher als für die aus kälteren Gegenden (36). Die aus dem mittleren Teile des Zapfens entnommenen Samen besitzen nach F. Nobbe[2]) das höchste Gewicht und die höchste Keimfähigkeit. Bei den Aussaatversuchen von A. Bühler[3]) lieferten grössere Samen im allgemeinen kräftigere Pflanzen, kleinere Samen einen geringeren Prozentsatz von Keimlingen. Derselbe Beobachter fand, dass Bedeckung mit Humusboden auf den Keimungsvorgang günstig wirkt, und dass eine Bedeckung der Samen in der Höhe von 15—20 mm am vorteilhaftesten ist.

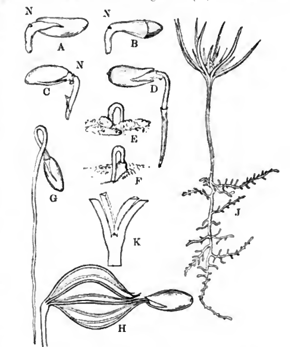


Fig. 37. *Picea excelsa*, Keimung der Samen.
A erstes Heraustreten des Würzelchens aus der Samenschale, bei N die herausgestülpte Spitze des Knospenkernes, die „Kernwarze“: das Würzelchen ist noch völlig eingehüllt von der mitwachsenden Knospenkernhaut. B dasselbe nach Entfernung der Samenschale; die Kappe am hinteren Ende entspricht der Verwachsungsstelle zwischen Samenschale und Knospenkern, die übrige Partie des Knospenkernes ist frei. C Streckung des Würzelchens, Sprengung der Kernhaut. D dasselbe, weiter vorgeschritten. E, F Herausziehen der Kotyledonen aus der Samenschale bei Aussaat in der Erde. G etwas späteres Stadium als F bei Keimung in Fliesspapier. H Abwerfen der Samenschale und beginnende Entfaltung der Kotyledonen. J Keimling nach dem 1. Jahr; über dem Wirtel der herablaufenden und in eine kurze gemeinschaftliche Scheide verwachsenen Kotyledonen sitzen die Primärblätter und die Terminalknospe; eine epikotyle Streckung hat hier nicht stattgefunden. K Längsschnitt durch die Spitze des jungen Keimlings.
A—D 4 : 1, E—J 2 : 1, K 8 : 1. (Orig. Sch.)

Die Keimung (Fig. 37) erfolgt im wesentlichen unter denselben Erscheinungen, wie bei der Tanne. Das heraustretende und sich abwärts wendende Keimwürzelchen ist anfänglich noch von der mitwachsenden Haut des Knospenkernes[4]) vollkommen eingehüllt und trägt das dunkle Spitzchen desselben an sich. Bei der weiteren Streckung des Würzelchens wird die Haut des Knospenkernes zerrissen, ihr unterer Teil

[1]) Jaschnow a. a. O. — Kinzel, W. in Landwirtsch. Versuchs-Stationen. Bd. 54. 1900. S. 134.

[2]) Tharander forstl. Jahrbuch. 1881. Heft 1.

[3]) Mitteil. der Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 1. 1891. S. 87.

[4]) Dieser Rest des Knospenkernes ist vermutlich dasselbe, was Sachs-Goebel Grundzüge der Systematik und speziellen Pflanzenmorphologie. Leipzig 1882. S. 358 als „Embryosack“ bezeichnen.

haftet noch eine Zeit lang als Überzug an der Wurzel. Infolge der Streckung der Kotyledonen treten diese mit ihrem Basalende aus dem Endosperm hervor, mit dem sie an ihrer Spitze noch so lange in Berührung bleiben, bis seine Reservestoffe in sie übergeführt sind; durch Verlängerung des knieförmigen Hypokotyls werden die Kotyledonen endlich aus der Samenschale herausgezogen, die meist mit über den Erdboden heraustritt, dann streckt sich das Hypokotyl grade und die Kotyledonen treten auseinander. Im Frühjahr laufen die Samen 4—5 Wochen nach der Aussaat auf. Auch bei der Keimung im Finstern ergrünen Hypokotyl und Kotyledonen mit Ausnahme von 4 °/o etioliert bleibenden Keimpflanzen[1]). Solche Keimlinge hielten sich im Dunkeln noch 9 Wochen lang lebend (6).

Die Keimpflanze besitzt 6—10, meistens 8—9 bogig aufwärts gekrümmte, 12—15 mm lange Kotyledonen, welche an der Basis zu einer ganz kurzen, gemeinschaftlichen Scheide erwachsen sind (Fig. 37, J); diese dient wohl zum Schutze der Knospe. Der einzelne Kotyledon ist dreikantig, eine Kante ist nach oben gewendet, und diese, aber nur diese, mit feinen Stachelchen besetzt (Fig. 37, H—K); Spaltöffnungen finden sich nur auf den beiden inneren Flächen, die äussere ist vollkommen spaltöffnungsfrei, was mit ihrer Funktion als Saugfläche zusammenhängen mag; die Kotyledonen liegen ja mit dieser Fläche dem aufzusaugenden Endosperm an (Fig. 37, G). Die Basalpartie der Kotyledonen färbt sich, so weit ihre scheidenartige Verwachsung reicht, sehr bald braun und grenzt sich scharf gegen die grüne Nadel ab. Am Ende des 2. Jahres beginnen die Kotyledonen abzufallen, indem sich die ganze gebräunte Basalpartie in Streifen loslöst; ein stehen bleibendes Blattkissen existiert hier nicht. Auch in diesem Punkt zeigen die Kotyledonen eine geringere Differenzierung als die Primär- und Folgeblätter. An 3jährigen Sämlingen sind die Kotyledonen spurlos verschwunden. Der anatomische Bau der Kotyledonen zeigt einen sehr primitiven Typus: Harzgänge fehlen durchaus, die Gefässbündelscheide ist weniger scharf ausgeprägt als später, das Transfusionsgewebe fehlt, und ebenso jede Andeutung von subepidermaler Stereïdenschicht (Fig. 38).



Fig. 38. *Picea excelsa.* Querschnitt durch einen Kotyledon. 100 : 1. (Orig. Sch.)

Der erste Jahrestrieb über dem Keimblattquirl ist in der Regel 2—3 cm lang, bräunlich-weiss gefärbt. Die an ihm stehenden Primärnadeln sind von den Nadeln der allmählich entstehenden Folgeform, wie auch von den Kotyledonen deutlich verschieden: sie sind flachgedrückt vierkantig, die obere und untere Kante aber stark gerundet, ihr Querschnitt hat die Gestalt eines Rhombus mit quer gestellter längerer Achse. Die Stachelchen treten hier ausser auf der oberen Kante auch auf den beiden Seitenkanten, seltener auf der unteren Kante auf; sie konzentrieren sich mehr und mehr auf den oberen Teil der Nadel. Harzgänge sind gewöhnlich zu 2, einer unter jeder Seitenkante, vorhanden; an der oberen und unteren Kante tritt selten eine erste Andeutung von subepidermalem mechanischem Gewebe auf (Fig. 45, S. 125). Die Differenzierung des Blattkissens und des Blattgelenkes ist hier schon völlig durchgeführt (Fig. 44). Die Primärnadeln des 1. Jahrestriebes dauern länger aus, als die Kotyledonen, sie sind im 3. Jahr noch vorhanden. Hin und wieder unterbleibt die Bildung eines Triebes im 1. Jahr

[1]) J. Wiesner. Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. Wien 1877.

vollständig, dann treten unmittelbar über den Kotyledonen Knospenschuppen auf (Fig. 37, J); wodurch dieses Verhalten bedingt wird, ist nicht bekannt. Schon aus dem 1. Jahrestrieb können sich am unteren und mittleren Teil Seitenknospen entwickeln, die entweder als schlafende Augen sich verhalten, oder zu kurzen benadelten Ästchen auswachsen können; auch kleine „Quirlastknospen" (1—2) kommen vor. In der Regel beginnt die Bildung von Astquirlen erst im 3. oder 4. Lebensjahr des jungen Pflänzchens.

Das Höhenwachstum des Stammes gestaltet sich im jugendlichen Alter nach den Untersuchungen von Flury[1]) an 213 Exemplaren auf fruchtbarem Lehmboden (I. Bonität) in 670 m üb. M. folgendermassen:

	grosse		mittlere		kleine Exemplare	
Alter	Höhe	Zuwachs	Höhe	Zuwachs	Höhe	Zuwachs — in cm
1 Jahr	6	—	5	—	3	—
2 „	14	8	11	6	7	4
3 „	22	8	16	5	11	4
4 „	35	13	24	8	18	7
5 „	49	14	34	10	26	8
6 „	59	10	39	5	33	7
7 „	89	30	57	22	51	18
8 „	113	24	70	13	63	12
9 „	138	25	102	32	95	32

Die Reihenfolge der untersuchten Nadelhölzer nach der Raschwüchsigkeit in der Jugend war folgende: Lärche, Kiefer, Schwarzkiefer, Weymouthskiefer, Fichte, Bergkiefer, Tanne, Arve.

Die Fichte besitzt ein oft sehr weit ausstreichendes, tellerförmiges Wurzelsystem ohne abwärts dringende Hauptwurzel; sie ist eine flachwurzelige Holzart und wird deshalb leicht vom Sturm geworfen. Anfänglich sind die Seitenwurzeln hypotroph, indem auf der Oberseite fast kein Holz gebildet wird, später, wenn mit der Zeit das Gewicht des ganzen Stammes auf der Unterseite der flachstreichenden Wurzeln ruht, unterbleibt auf dieser die Holzbildung fast ganz, und die Wurzel geht zur Epitrophie über.[2]) An 6 Monate alten Pflanzen stellte Nobbe (57) die Anzahl aller Wurzelfasern auf 253, ihre Gesamtlänge auf 1941 mm, und ihre gesamte Oberfläche auf ein Quadrat von 64,33 mm Seite fest; hiernach steht die Wurzelentwicklung junger Fichten sehr erheblich gegen die der Kiefern zurück, übertrifft aber diejenige der Tanne nicht unbedeutend (vgl. S. 82). Das Überwiegen der unterirdischen Entwicklung im Verhältnis derjenigen der oberirdischen Organe trat bedeutend stärker hervor als bei der Tanne, nämlich im Verhältnis von 267 : 100 (bei der Tanne 169 : 100) erreichte aber bei weitem nicht den Betrag, wie bei der Kiefer (477 : 100). Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Wurzelentwicklung tritt in Versuchen von Ter-Sarkisow[3]) hervor; hier betrug an 4 Monate alten, in Töpfen gezogenen Sämlingen:

	die Zahl	die Länge der Wurzeln
in Sandboden	218	466 mm
„ Lehmboden	75	188 „
„ Humusboden	68	179 „

Die Saugwurzeln der Fichte reagieren infolge einer Ausscheidung von primärem Kaliumphosphat stark sauer.[4])

[1]) Mitteil. d. Schweizerischen Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 4. 1895. S. 196.

[2]) Mayr, H. in Botan. Centralblatt. Bd. 20. 1884. S. 23 ff.

[3]) Botan. Jahresbericht. Bd. 11. Abt. 1. 1883. S. 41.

[4]) Czapek, F. in Berichten d. Deutschen Botan. Gesellsch. Bd. 14. 1896. S. 29.

Junge Fichtenpflanzen beanspruchen nach den Untersuchungen von L. Dulk[1]) die mineralischen Bodennährstoffe in viel höherem Grade, als der Fichtenhochwald, denn sie entziehen dem Boden 3—7 mal so viel Phosphorsäure, 2½—7 mal so viel Kali und 2—4 mal so viel Kalk. Auch bei erwachsenen Bäumen ist der Aschengehalt junger Zweige grösser als der von alten Zweigen, wie aus folgenden Angaben von Grete[2]) hervorgeht. Fichtentriebe, gesammelt im Herbst 1889, enthielten:

	H_2O	N	Asche	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O	Al_2O_3 + Fe_2O_3	SO_3
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1jähr. Trieb (1889)	6,72	1,023	3,424	0,373	0,940	0,210	0,740	0,027	0,122
2jähr. „ (1888)	7,43	0,634	2,346	0,219	0,752	0,100	0,418	0,032	0,068
3jähr. „ (1887)	7,61	0,420	1,735	0,147	0,632	0,085	0,260	0,043	0,046
4jähr. „ (1886)	7,70	0,353	1,760	0,110	0,635	0,086	0,200	0,062	0,030
5jähr. „ (1885)	7,62	0,271	1,734	0,075	0,575	0,070	0,173	0,071	0,046

Es nimmt also sowohl der Stickstoffgehalt, wie der Mineralstoffgehalt der Zweige mit zunehmendem Alter ab.

Nach A. Engler (19) ist — auf dem frischen, etwas bindigen, kalkhaltigen fruchtbaren Lehmboden des Versuchsfeldes Adlisberg bei Zürich in 670 m Höhe — die Wurzelverzweigung in der Jugend eine ziemlich feine. Die Saugwurzeln 3- und 4jähriger Pflanzen gehören der 4.—5. Verzweigungsordnung an; im Frühling und Herbst entwickeln sich lange Triebwurzeln, aus denen erst später feinere Wurzeln hervorbrechen; vom Spätherbst an erscheinen die Trieb- und Saugwurzeln bis auf ein kurzes helleres Spitzchen gebräunt. Diese oberflächlich gelegenen braunen Zellschichten, die sich von der übrigen Wurzelrinde etwas abheben, schliessen mit dieser isolierende Luftschichten ein, welche die Wurzel vor zu starker Abkühlung und zu frühzeitiger Erwärmung schützen. Die Bildung der Triebwurzeln einerseits, der Saugwurzeln andererseits erfolgt in alternierenden Perioden: die Triebwurzeln wachsen vorzugsweise im Frühjahr und Frühsommer; wenn sie sich zu bräunen beginnen, gewöhnlich erst vom Juni ab, dann treten von hinten an die Saugwurzeln auf; in der 2. Wachstumsperiode der Wurzeln Ende September und Oktober bilden sich wiederum lange Triebwurzeln, an denen sich vor dem nächsten Frühjahr nur wenige Saugwurzeln entwickeln. Auch O. Petersen[3]) fand in Kopenhagen zwei Perioden des Wurzelwachstumes, eine im April und eine vom September bis Oktober bei 2—5jährigen Pflanzen, im Mai und August—September bei alten Bäumen; die Cambiumtätigkeit in den Wurzeln älterer Bäume dauerte von Juli bis September. Die Saugwurzeln sind meist Mykorrhizen. Wurzelhaare sind vorwiegend an den gebräunten, aber noch unverkorkten und unverholzten Teilen der Triebwurzeln vorhanden; man kann sie hier zu jeder Jahreszeit beobachten. An den Saugwurzeln finden sie sich ziemlich selten (19).

Die Mykorrhize der Fichte ist zuerst von Frank[4]) beobachtet worden; sie ist ektotroph und im wesentlichen von demselben Bau, wie die der Tanne (vgl. Fig. 20, S. 83). Dichotome Mykorrhizen, wie bei den Kieferarten, finden sich bei der Fichte eben so wenig, wie endotrophe.[5]) Engler (19) fand in

[1]) Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen. 1874. S. 289.

[2]) Mitteilungen der Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 1, 1891. Heft 1. S. 88.

[3]) Nogle Undersögelser over Träernes Rodliv. Oversigt over de K. Danske Videnskabernes Selsk. Forh. 1898. Nr. 1.

[4]) Berichte d. Deutschen Botan. Gesellschaft. Bd. 3. 1885. S. 128.

[5]) P. E. Müller a. a. O.

humusreichem frischem Lehmboden Mykorrhizen-Entwickelung, an Keimpfläuzchen aher, die auf vermodernden Baumstrünken, also im Rohhumus gewachsen waren, nur Wurzelhaare, und zwar reichlich. Von P. E. Müller[1]) wird die Ansicht von Frank bestätigt, wonach bei der Fichte die Bildung von Mykorrhizen an das Vorhandensein humoser Stoffe im Boden gebunden ist.

Die Wachstumsleistung der Wurzeln 3jähriger Pflanzen im frischen fruchtbaren Lehmboden des Adlisberges bei Zürich war im Gesamtmittel (während des Jahres 1902) pro Tag:

während der Periode starken Wachstums 3,2 mm
„ „ „ schwachen „ 0,4 „

Das absolute Maximum betrug (am 3. Juli) 12 mm im Tag, das mittlere Maximum 7 mm. Von den beiden Hauptperioden des Wachstums, Frühsommer und Herbst, ist die erste die ergiebigste, wie übrigens bei allen untersuchten Nadelhölzern. In der Frühsommer-Periode betrug das Wachstum im ganzen 167,5 cm, in der Herhstperiode 32,6 cm. Die Fichte zeigte in dieser Hinsicht neben dem 2jährigen Bergahorn die stärkste Wachstumsleistung. Die untere Temperaturgrenze, bei welcher noch Wurzelwachstum stattfindet, liegt bei 5—6° C, während die Sprosse schon bei 7—10° C zu wachsen aufhören. Die zeitliche Differenz zwischen dem Beginn des Wurzelwachstums und dem Öffnen der Knospen auf dem Adlisberg zeigt folgende Tabelle:

	Beginn des Wurzelwachstnms	Austreiben der Knospen
Im Jahre 1899:	Ende April bis 13. Mai;	13. Mai.
„ „ 1900:	24. März;	6. Mai.
„ „ 1901:	4. April;	6. Mai.

Wurzeln können auch an abgetrennten Zweigen auftreten; so fand Oppen[2]) einen zufällig mit Erde bedeckten Zweig, der sich dicht oberhalb der überwallten Abtrennungsstelle bewurzelt, und auch noch weiter oben einzelne Wurzeln gebildet hatte. — (Sch.)

Der Sprossbau der Fichte ist sehr durchsichtig und klar; die Hauptachse durchzieht als ein dominierender Leittrieb das ganze monokormische System, stets ist die Entwicklung der relativen Hauptachse stärker als die der Seitenachsen, sodass als Idealform des ganzen Achsengerüstes der Kegel erscheint. Nach Wigand (222) erreichen die Wirteläste nur etwa die halbe Länge, wie der gleichzeitig mit ihnen entstandene Jahrestrieb der Hauptachse; nach den Messungen von Burtt (7) verhielt sich bei einem der untersuchten Exemplare die Länge eines Gliedes an der relativen Hauptachse zur Länge eines entsprechenden Gliedes der Seitenachse wie 3 : 2, an einem andern Exemplar wie 4,56 : 2. Die Verzweigung ist äusserst regelmässig. Starke Äste (Langtriebe) werden nur als Quirläste am oberen Ende jedes Jahrestriebes zu 3—7 gebildet, sie bleiben im Verhältnis zum Stamm schwach, verzweigen sich aber reichlich. Diese in Wirteln angeordneten Langtriebe endigen wiederum mit einer Endknospe und meist 2, selten 3 oder noch mehr Seitenknospen, welche immer kleiner als diejenigen am Haupttriebe sind. Wie bei der Tanne, so werden auch bei der Fichte an Haupt- und Langtrieben in deren oberem und mittlerem Teil einzeln stehende Kleinzweige angelegt, welche den für die Tanne (S. 84) angeführten Regeln folgen, jedoch meistens nicht zahlreich sind. Um den Habitus des Baumes zahlenmässig darstellen zu können, unterscheidet Burtt (7) viererlei Winkel, die aus der umstehenden Fig. 39 ersichtlich sind. Bei der Fichte fand

[1]) Forstlich-naturwissensch. Zeitschr. Bd. 2. 1893. S. 359.

[2]) Naturwissensch. Zeitschr. für Land- und Forstwirtschaft. Bl. 1. 1903. S. 381.

Burtt, dass der Achsenwinkel zwischen Hauptachse und Seitenachsen 1. Ordnung 37,2—90° beträgt und, wie bei der Tanne, von unten nach oben gleichmässig abnimmt; der Neigungswinkel beträgt 30,5—90° mit derselben allmählichen Veränderung, und der geotropische Winkel 18—50°. Der Achsenwinkel zwischen Seitentrieben 1. und 2. Ordnung wurde von demselben Beobachter auf 48—55° festgestellt.

Die Seitenzweige zeigen eine dorsiventrale Ausbildung, welche durch den plagiotropen Wuchs induziert ist; dieser wiederum wird durch Korrelation bedingt, da solche Seitensprosse, welche nach Entfernung des Haupttriebes sich, wie unten geschildert, aufrichten, einen radiären Bau annehmen. Die unteren, mehr oder weniger beschatteten Zweige, und bei im dichten Schluss stehenden Bäumen auch die oberen, bilden Seitenzweige nur an ihren Flanken und teilweise an ihrer Aussenseite, während die auf der beschatteten Zweigoberseite angelegten Zweige verkümmern; dagegen zeigen bei kräftigen, frei stehenden, also allseitig beleuchteten Exemplaren die oberen Seitensprosse des Hauptstammes eine radiäre Anordnung der Zweige (56).

Wenn die Triebe aus den Knospen hervorwachsen, so zeigen sie eine anfänglich schwache, bei ihrer Verlängerung aber immer stärker ausgeprägte Abwärtskrümmung; dieselbe ist bei den Endtrieben der Seitenäste geringer, als bei den Seitenzweigen, überhaupt um so bedeutender, je dünner und schwächer die Achsen dieser Sprosse sind. Die an der Unterseite der Hauptäste entspringenden Triebe hängen oft annähernd senkrecht nach abwärts, die an der Oberseite entstehenden krümmen sich nur wenig nach unten. Im späteren Alter strecken sich alle überhängenden Triebe gerade, sind aber im ganzen etwas mehr abwärts geneigt, als die Enden ihrer Tragäste. Nach den Versuchen, welche Baranetzky am Klinostaten anstellte, ist das Hauptagens, welches die Abwärtskrümmungen der jungen Triebe veranlasst, ihre eigene Schwere, deren Wirkung im jungen Alter noch durch eine nicht erbliche, sondern erst ziemlich spät im Knospenzustande erworbene schwache Epinastie der Zweige befördert wird. Die Einwirkung der Schwere verursacht ein stärkeres Wachstum der Oberseite der Achsen, dergestalt, dass deren Zellen an der Oberseite um 8,5—9 % länger werden, als die entsprechenden an der Unterseite. Zugleich sind diese Zweige negativ geotropisch und durch diese Eigenschaft in den Stand gesetzt, sich später gerade zu strecken; indessen ist dieser Geotropismus so schwach, dass die Zweige bei Beendigung ihres Längenwachstumes in einer noch etwas mehr geneigten Lage verbleiben wie ihre vorjährigen Triebe. Die geotropische Krümmungs-

Fig. 39. *Picea excelsa.*
Schema der Astwinkel: A = Ablaufwinkel (Achsenwinkel), Winkel des Basalstückes des Astes mit der Hauptachse. N = Neigungswinkel, Winkel des mittleren Verlaufes des Astes mit der Senkrechten. G = Geotropischer Winkel, Winkel des geotropisch aufgerichteten Astendes mit der Senkrechten. K = Knospenwinkel. (Nach Burtt.)

fähigkeit der Triebe hört mit ihrem Längenwachstum nicht auf, sondern kann noch an 2—3jährigen Ästen beobachtet werden, und hierdurch heben sich die Zweigenden nachträglich noch weiter empor. In der Beeinflussung ihrer Wachstumsrichtung verhalten sich demnach die jungen Fichtentriebe, die anfänglich ihrer eigenen Schwere, und erst vom Ende der Wachstumsperiode an dem negativen Geotropismus folgen, umgekehrt, wie die sich entwickelnden Kiefernzweige, deren Richtung ihnen anfänglich vom negativen Geotropismus und erst später von ihrer eigenen Schwere angewiesen wird (7).

Wie bei allen Nadelhölzern, sind die Zweige der Fichte, auch im Alter, stark hypotroph. An erwachsenen Bäumen vergrössert sich der Achsenwinkel der unteren Äste allmählich so, dass sie am Grunde eine nach unten geneigte Lage einnehmen, während ihre Zweigenden sich wieder mehr oder weniger nach aufwärts richten. Die mittleren Seitenäste stehen fast rechtwinklig vom Stamme ab mit aufwärts gebogenen Spitzen, die oberen wachsen schräg nach oben, überholen aber auch an alten Exemplaren den Haupttrieb nicht, sodass sich bei den normal gewachsenen Fichten am Gipfel keine „Storchnester" ausbilden, wie bei den Tannen (vgl. Fig. 21, S. 85). Im Schluss erwachsene Fichten haben einen geraden, vollholzigen Stamm mit einer kleinen, schwachästigen Krone, frei stehende Bäume bleiben bis unten hin beastet und bilden eine pyramidale, aus herabhängenden, langen, schwankenden Ästen zusammengesetzte, wenig verbreiterte, aber stark beschattende Krone (29a). Nach den Untersuchungen von Bühler und Flury[1]) im Mittelland und den Voralpen der Schweiz nimmt mit dem Alter der Bäume die Länge des astfreien Stammteiles zu, indessen vom 80. Jahre ab nur noch unbedeutend; durch die Güte des Standortes wird die Astreinheit des Stammes begünstigt. Das Verhältnis von Krone und astfreiem Stamm in verschiedenem Alter und bei verschiedener Bewirtschaftungsweise des Bestandes geht aus folgenden Zahlen hervor:

Bestandes-Alter	Mittlere Baumhöhe	Mittlere Kronenlänge	% des astfreien Stammes von der Baumhöhe
		Im Hochwald	
19—40 Jahre	12,96 m	5,97 m	53,94
41—60 „	19,10 „	6,88 „	64,0
61—80 „	24,19 „	8,15 „	66,7
81—100 „	32,36 „	11,16 „	65,5
über 100 „	32,30 „	11,09 „	65,7
		Im Plänterwald	
19—40 Jahre	—	—	—
41—60 „	13,42 m	6,60 m	50,8
61—80 „	16,98 „	7,15 „	57,9
81—100 „	24,31 „	9,08 „	63,4
über 100 „	27,72 „	13,25 „	52,2

Die Bäume können eine Höhe von 60 m, einen Stammdurchmesser bis zu 2 m erreichen (95); im Kanton Graubünden wurden nach freundlicher Angabe des Herrn Kantonförsters Enderlin Fichten von 43,6 m Höhe bei 1,92 m Durchmesser und 37 Festmeter Holzmasse, sowie von 46 m Höhe bei 1,50 m Durchmesser und 32,51 Festmeter Holzmasse gemessen; daselbst wurden Stämme von 51 m Länge beobachtet.

Wie bei der Tanne kann nach Verlust des Gipfeltriebes oder seiner Endknospe auch bei der Fichte die starke geotropische Fähigkeit des Haupttriebes

[1]) Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 2. 1892. S. 205.

auf einen oder eine Anzahl von Seitentrieben übergehen, welche sich, wenn sie noch nicht zu alt sind, aufrichten und eine radiäre Ausbildung annehmen. Diese Bildung von Ersatzgipfeln vollzieht sich bei der Fichte leichter als bei der stärker dorsiventralen Tanne. Es erlangen aber nicht nur, wie Frank[1]) angibt, die 1—2jährigen, bereits völlig verholzten und erwachsenen Seitenzweige diese Fähigkeit, sich geotropisch aufwärts zu krümmen, sondern es können selbst 12- und mehrjährige Äste bis zu ihrer Basis sich aufrichten, wofern einerseits ihr Gewicht nicht sehr gross, andererseits die Rotholzbildung an ihrer ursprünglichen Unterseite sehr kräftig ist (Fig. 40). In der Regel richten sich nach dem Abschneiden oder Abbrechen des Gipfeltriebes sämtliche Zweige des obersten Quirles in ihren jüngeren, bis 5 Jahre alten Teilen aufwärts, zuweilen tun dies auch nur einzelne Quirläste. Nicht selten dauert die Krümmung im mehrjährigen Stammteil noch fort, nachdem die Spitze schon die senkrechte Stellung erreicht hat, dann biegt sich der Gipfel über die durch den Geotropismus bedingte Stellung bogenförmig hinaus und muss nachträglich wieder in die entgegengesetzte Richtung umbiegen; so entstehen mehrfach hin und her gebogene Gipfel. Bei mangelhafter Wachstumsenergie, z. B. infolge von Beschattung, unterbleibt das Aufrichten der Seitentriebe, alsdann treten an deren Basis durch Aussprossen schlafender Augen am Stamme oder an den Ästen 1 oder mehrere radiäre Triebe auf, von denen einer den Gipfel ersetzt (56, 29). Bemerkenswert ist, dass bei Entfernung des Gipfeltriebes einer Fichte auch die aufgepfropften Seitenäste einer andern Art, *P. pungens*, sich aufrichteten.[2]) Infolge von Verstümmelung bilden sich aus den Achseln von Nadeln oder Knospenschuppen Knospen aus ganz unscheinbaren Anlagen, die für gewöhnlich nicht zur Entwicklung gelangt sein würden. Auf dieser Fähigkeit zur Erzeugung von Sekundärknospen beruht zum grossen Teil die unverwüstliche Reproduktionskraft der Fichte nach Schnitt oder Verbiss, die sie zur Heckenpflanze sehr geeignet macht. Sie entwickelt nach Ratzeburg[3]) auch Johannistriebe. Zur Bildung von Wasserreisern aus schlafenden Knospen ist bei ihr eine geringe Neigung vorhanden (17). — (K.)

Der normale Wuchs erleidet bei der ungemein vielgestaltigen Fichte die mannigfaltigsten Abänderungen. Nach deren Natur können wir zwei grundsätzlich von einander verschiedene Gruppen derselben unterscheiden:

1. Spontane, erbliche Wuchsabänderungen, vereinzelt unter der normalen Form ohne nachweisbare äussere Ursachen auftretend. Die derart abweichenden Individuen werden als Spielarten (Lusus) bezeichnet und hier nicht weiter behandelt[4]).

2. Induzierte, nicht erbliche, individuelle Abänderungen, durch bekannte äussere Einflüsse hervorgerufen, eigentliche „Formen" (Formae). Je nach der Art des verändernden Einflusses unterscheiden wir:

I. Korrelative Reaktion auf Verstümmelung.
   A. Reaktion auf mechanische Eingriffe (Verbeissen, Schneiteln, Verlust des Gipfeltriebes, Kipplage).
   B. Reaktion auf klimatische Einflüsse (wiederholtes Erfrieren der Endknospen, Kurzbleiben der Triebe).

II. Veränderung durch Ernährungseinflüsse.
   C. Reaktion auf Bodeneinflüsse.

Vielleicht ist als eine dritte Wuchsabänderung noch hinzuzufügen die „ökologische Varietät", d. h. eine erblich gewordene klimatische Form. Nach den Untersuchungen Cieslar's[5]) nämlich ist der durch alpinen Standort indu-

[1]) Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892. Bd. 1. S. 471.
[2]) Strasburger, E. Jahrbücher f. wissensch. Botanik. Bd. 36. 1901. S. 588.
[3]) Die Waldverderbnis. Berlin 1866—68. Bd. 1. S. 248.
[4]) Eine vollständige Zusammenstellung derselben s. Literatur 66.
[5]) Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 20. 1894. S. 145.

zierte langsame Höhenwuchs bei Aussaat in der Ebene erblich: Fichten aus Samen von hochgelegenen Standorten zeigen bei Kultur in der Ebene einen weit geringeren Zuwachs, als unter gleichen Bedingungen kultivierte, die von Samen aus der Ebene abstammen. A. Engler hat in der forstlichen Versuchsstation auf dem Adlisberg bei Zürich diese Versuche wiederholt und ihre Ergebnisse bestätigt.

Die hauptsächlichsten Einzelformen der oben aufgestellten 3 Kategorien sind folgende.

A. Durch mechanische Eingriffe hervorgerufen.

1. Die Verbissfichte (Ziegenfichte, Geissetannli der Schweizer Älpler, Fichtenform der Schmalviehweide [Eblin], Grotze der Älpler pro parte) kommt unter dem Einfluss des Verbeissens durch Schafe und Ziegen zu stande. Fankhauser[1]) sagt darüber: Die Fichte ist bekanntlich dadurch ausgezeichnet, dass bei ihr in der Achsel jeder Nadel eine Knospe entstehen kann, welche sich im folgenden Jahr zu einem Zweig entwickelt. Die Folge davon ist, dass beim Verbeissen als Ersatz der verlorenen Organe eine äusserst reiche und dichte Beastung entsteht. Diese Zweige sind zwar, ihrer grossen Anzahl entsprechend, schwächer, im übrigen aber normal ausgebildet. Charakteristisch ist im ferneren, dass diese Holzart das ihr eigene Bestreben, den Fuss zu decken, nicht verliert, und wenn sich auch von den oberen Ästen oft mehrere gleichzeitig zu Gipfeltrieben zu erheben suchen, die unteren doch ganz regelmässig nach der Seite fortwachsen, sodass die Pflanze eine stumpfkegelförmige, bis auf den Boden herunterreichende Krone erhält. Diese typische Form behält sie sodann längere Zeit bei, sich wenig in die Höhe, aber beständig in die Breite ausdehnend. Ist schliesslich der Umfang so gross geworden, dass die Ziegen einen der Gipfeltriebe nicht mehr erlangen können, so geht derselbe rasch in die Höhe und bildet sich von da an mit vollkommen normaler Beastung zum Stamme aus. Auch bei mässigem Weidegang dürfte es meist 40, 50 bis 60 Jahre dauern, bis der Gipfel den Tieren entwachsen ist. Schaefer[2]) hat in Savoyen sogar 80—90jährige Verbissfichten von nur 1,30 m Höhe gesehen. Herrn Glutz, Assistent an der forstlichen Versuchsstation in Zürich, verdanke ich Stammabschnitte einer bei Rigi-Scheideck in 1580 m Höhe gewachsenen Verbissfichte, welche bei nur 5,5 m Höhe ein Alter von 96 Jahren aufwies. Die bedeutende Einbusse, welche dabei der Baum an Zuwachs erleidet, geht aus folgendem Beispiel Fankhausers deutlich hervor. Eine Verbissfichte in Gams im Rheintal hatte in 51 Jahren eine Höhe von 72 cm und eine Dicke von 6,7 cm erreicht; die Holzmasse derselben betrug 0,007 cbm, während an demselben Standort ein nicht verbissener Baum füglich eine Höhe von 11 m, eine Stärke in Brusthöhe von 12 cm und einen Massengehalt von 0,7 cbm, also das hundertfache des gegenwärtigen Volumens hätte erreichen können. Ist aber der Baum einmal durch die schützende Hecke, die er durch seinen „Kollerwuchs" gleichsam um sich herum baut, dem Zahn der Ziege entwachsen, so gedeiht er trefflich; wohl sieht man am Grunde des Stammes noch lange das hexenbesenartige Gewirr verdorrter Ästchen als Reminiszenz an die schwergeprüfte Jugendzeit, aber im übrigen ist Wuchs und Holz durchaus normal.

Sehr häufig bilden sich durch das Verbeissen mehrere Gipfeltriebe statt eines einzigen. Wenn zwei oder mehrere gleichzeitig emporschiessen, so ent-

[1]) Die Bedeutung der Ziegenwirtschaft für die schweizerischen Gebirgsgegenden in forstlicher und volkswirtschaftlicher Hinsicht. Bern 1887. S. 61.

[2]) L'évolution en forêt. L'épicéa pleureur et l'épicéa de Sibérie. Revue des eaux et forêts. t. 34. 1895. p. 529.

stehen als sekundär von der Verbissfichte abzuleitende Formen die beiden folgenden:

2. Die Zwillingsfichte, mit 2 gleich starken, tief angesetzten Stämmen, und

3. Die Garbenfichte, bei der 3 bis ca. 20 gleich starke Stämme raketenartig von einem gemeinsamen Mutterstamm aufschiessen und schliesslich durch gegenseitige Anpassung ihrer Astbildung ein gewaltiges Individuum höherer Ordnung bilden.

4. Die Schneitelfichte (geschorene Fichte) ist eine künstliche Säulenform, erzeugt durch wiederholtes Abschneiden der Seitenäste zur Verwendung als Einstreu oder Futter für das Vieh (Schneitelstreu, Aststreu, Tannenkris in der Schweiz, Schnattstreu in Tirol). Die reichliche Bildung von Ersatztrieben macht die Krone solcher „geschneitelter" Fichten sehr dicht.

5. Die Kandelaberfichte entsteht, wenn ein schon erstarkter Baum seinen Gipfeltrieb einbüsst (z. B. durch Schneedruck, Windbruch, Blitzschlag), und sich an seiner Stelle mehrere Seitenäste aufrichten, um Sekundärwipfel zu bilden. Häufig streben dann auch sekundäre und tertiäre Äste aufwärts, sodass

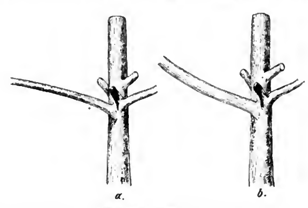


Fig. 40. *Picea excelsa.*
Aufkrümmnng eines mindestens 7jährigen Quirlastes nach Entfernnng des Gipfeltriebes. a Kurz nach der Köpfung, Juni 1898; b Oktober 1899. (Nach Jost.)

ein ganzer Gipfelwald entsteht. Dass hierbei eine nachträgliche Krümmung an bereits stark verdickten Achsenteilen erfolgt, die längst ihr Längenwachstum eingestellt haben, ist ohne weiteres ersichtlich. Jost[1]) hat diese Erscheinung eingehend untersucht und experimentell hervorgerufen. Eine ca. $3^1/_2$ m hohe Fichte wurde geköpft, von dem obersten stehen gebliebenen, mindestens 7jährigen Astquirl wurden 2 Äste stehen gelassen, die übrigen entfernt; im Laufe des folgenden Sommers führten sie in ihrer Basis recht beträchtliche Krümmuungen aus (Fig. 40). Die Mechanik dieses Vorganges[2]) ist noch nicht aufgeklärt, namentlich ist die Frage unentschieden, ob im fertigen Holzkörper oder im Cambium die Ursache der Krümmung liegt. Frank und Jost neigen zur letzteren Ansicht; Jost zeigte, dass Längenänderungen des Cambiums anderwärts, z. B. am

[1]) Botanische Zeitung. Bd. 59. 1. Abt. 1901. S. 1.

[2]) Vgl. hierzu Hofmeister, Allgem. Morphologie. S. 624; H. Vöchting (190, Bd. 2. S. 85); P. Meischke in Jahrbücher f. wissensch. Botanik. Bd. 33. 1899. S. 363. Anm. 1; Frank, Lehrbuch der Botanik. 1892. Bd. 1. S. 470.

Astansatz der Kiefer auftreten, und dass die hierbei stattfindende Verkürzung entweder durch gleitendes Wachstum oder durch Schrägstellung der Cambiumzellen bewirkt wird.

6. Die Harfenfichte (Fig. 41 und 42) zeigt sekundäre Wipfelbildung infolge von Kipplage.

7. Die Knickfichte mit ein- oder mehrfacher Knickung des Hauptstammes infolge Wiederaufrichtens nach Schiefwerden durch Rutschung des Bodens.

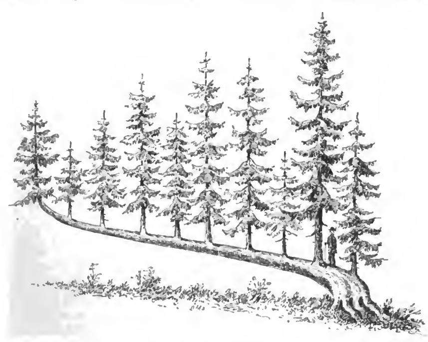


Fig. 41. *Picea excelsa.* „Harfenfichte" auf dem Rennfeld bei Bruck a. d. Mur in Steiermark, 950 m ü. M. Hauptstamm ca. 12 m lang, grösster Sekundärbaum ca. 10 m hoch. (Nach „Weidmanns Heil". 1. Jahrg. Klagenfurt 1881.)

In Bergsturzgebieten, wo Rutschungen wiederholt vorkommen, lässt sich aus der Höhe der Knickungen am Stamm das Rutschjahr bestimmen.[1])

B. Durch klimatische Faktoren herorgerufen.

Die vielwipfelige Kandelaberfichte ist ein stattlicher Baum aus der Region normalen Wuchses; gegen die Grenze des Baumwuchses im Norden und im Gebirge wird die Vielwipfeligkeit, verbunden mit reduziertem Höhenwuchs, besonders an windoffenen Stellen immer häufiger, indem die Gipfeltriebe immer wieder durch Windwirkung zu Grunde gehen. Kihlman (96) kommt mit Bezug auf die Ursachen des Absterbens bei den Fichten an der Baumgrenze in Russisch Lappland zu folgendem Schluss: nicht die mechanische Kraft des Windes an sich, nicht die Kälte, nicht der Salzgehalt oder die Feuchtigkeit der Atmosphäre ist

[1]) Nach mündlicher Mitteilung von Prof. Dr. Heim in Zürich.

es, die dem Walde seine Schranken setzen, sondern hauptsächlich die Monate lang dauernde Austrocknung der jungen Triebe zu einer Jahreszeit, die jeden Ersatz des verdunsteten Wassers unmöglich macht.

Zu den klimatisch bedingten Korrelationsformen gehören folgende Wuchsformen der Fichte:

8. Die Strauchfichte (mit Einschluss der „Schneebruchfichte“ von Willkomm, 224), charakterisiert durch niedrigen Wuchs, unregelmässige, tief angesetzte und nach unten stark zunehmende, weit ausgebreitete Beastung, struppige Benadelung und Mehrwipfeligkeit, welch letztere durch Aufrichtung von teils hoch, teils tief angesetzten Seitenästen hervorgebracht wird. Bei den Seitenästen kann Anwurzelung der dem Boden aufliegenden Teile (Senkerbildung) stattfinden, begünstigt durch die Schneebelastung. Erzeugt wird diese Form durch die Kombination folgender klimatischen Einwirkungen: Wiederholter Triebverlust durch Schneebruch, Frost, Austrocknung durch Wind und Windbruch;

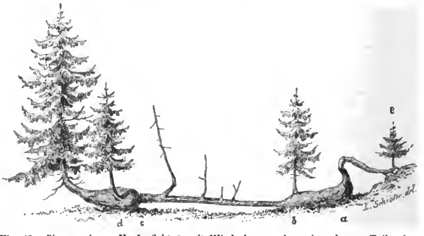


Fig. 42. *Picea excelsa.* „Harfenfichte“ mit Wiederbewurzelung im oberen Teile des Hauptstammes (Wald bei Villingstad, 3 Meilen von Christiania).
Der Sekundärstamm s ist aus einem Wurzelast entsprungen, er ist 1,5 m hoch; bei b und d befinden sich lebende Wurzeln. Der horizontale Stamm ist 6,8 m lang, sein Durchmesser beträgt zwischen s und b 15—16 cm, zwischen b und c (völlig trocken) nur 4 cm. Der wiederaufgerichtete Gipfel ist 4,7 m hoch. (Aus Schübeler, 16[illegible].)

Herabsetzung des Zuwachses durch kurze Vegetationsdauer und niedere Temperatur; Beförderung der basalen Ausbreitung als Reaktion auf die mechanische Wirkung des Windes[1]).

9. Die Polsterfichte, eine aus dicht verflochtenen Ast- und Zweigmassen bestehende, wie geschoren aussehende Strauchform. Sie zeigt einen kurzen, jedoch deutlichen Stamm, aber die untersten Zweige kriechen im Moos und bewurzeln sich reichlich; die flach geschorene tischförmige Oberfläche entspricht der Höhe der winterlichen Schneedecke, unter deren Schutz die Zweige lebend bleiben, während alles, was darüber hinausragt, durch Kälte, Wind und Trockenheit zu Grunde geht. In etwas günstigeren Lagen gelingt es etwa einem Spross, sich zu erheben, über den „Tisch“ hinauszuwachsen und es zu einer Höhe von 2—3 m

[1]) Sehr instruktive Abbildungen dieser Form bei L. Klein, Die botanischen Naturdenkmäler des Grossh. Baden. Karlsruhe 1904. Fig. 27—30.

zu bringen; das dürre kränkelnde Aussehen eines solchen Sprosses, wie er sich aus der sattgrünen, dichtästigen und rundgeschorenen Basalpartie erhebt, hat etwas befremdendes. Im allgemeinen kann man wohl annehmen, dass im hohen Norden am Rande der Waldungen und in sehr lichten Beständen jeder Baum eine mehrjährige Strauchperiode durchzumachen hat, bevor er einen lebenden Wipfel dauernd über die Schneedecke zu erheben vermag (96). Solche Polster können bei einer Höhe von 1 m einen Durchmesser von mehr als 8 m erreichen und erinnern oft lebhaft an Verbissfichten.

Besonders eigenartig sind die „Schneeschildfichten" und die Dünenfichten, die Kihlman (96), wie folgt, beschreibt. In sehr ausgeprägten Fällen findet man am oberen Rande einer steil abfallenden Felswand oder Halde einen Strauch, dessen horizontal stehender Stamm und Zweige über den Abgrund frei hinausragen und dessen dicht belaubtes Astwerk als direkte Fortsetzung des angrenzenden ebenen Plateaus erscheint. Ihre Gestalt erinnert vielfach an die in den Alpen als Schneeschilder oder G'wächten bezeichneten Überdachungen. — An sehr windoffenen Stellen in der Nähe der Baumgrenze und auf flachem oder geneigtem Untergrund findet man oft Sträucher, die der Form nach mit den „Schneedünen" verglichen werden können; gleich diesen kehren sie gegen die Windseite eine bis zum Boden reichende, sanfter oder steiler geneigte Oberfläche, während sie an der entgegengesetzten Seite steil abfallen. Die geneigte Fläche ist ganz eben oder meistens mit kurz aufstehenden abgestorbenen Zweigen bewaffnet, dabei von den dicht verflochtenen knorrigen Ästen so starr, dass ein darauf stehender Mensch in den grünen Filz gar nicht einsinkt. Ihre Höhe wechselt von wenigen dm bis zu mehr als 3 m.

Als Unterform der Strauchfichte möchte ich hier die neuerdings von L. Klein (a. a. O.) beschriebene Kriechfichte einreihen, die durchaus an Kihlmans Tischfichten erinnert; sie ist bis jetzt nur in einer wilden Felsgeröllhalde am Waldstein bei Haslach in Baden beobachtet worden. Der Stamm ist frühzeitig in einer Höhe von 1—$1^1/_2$ m abgebrochen, vom oberen Ende des kurzen Stumpfes wachsen nach allen Seiten hin zahlreiche (bis über 50), ausserordentlich lange, sich reichlich verzweigende, dünne Äste, sodass ein förmlicher Teppich entsteht; die Äste schlagen aber nirgends Wurzeln. Die grösste Kriechfichte bedeckt einen Flächenraum von ca. 100 qm. Das Zustandekommen dieser sonderbaren Form erklärt Klein so, dass nach dem frühzeitigen Verlust des Gipfels die untersten Äste durch den Schnee niedergedrückt und geschützt wurden, bei dem unebenen lockeren Geröllboden sei trotzdem für Atmungsmöglichkeit gesorgt, und im Sommer wirke die Felsunterlage wie eine Spalierwand; so erkläre sich das üppige Wachstum in horizontaler Richtung.

10. Die Mattenfichte ist das Endglied in der Reihe von Kümmerformen der Baumgrenze. Hier ist jede Stammbildung unterdrückt, der Baum besteht aus einem Netzwerk kriechender, im Flechtenrasen wurzelnder Zweige, die sich kaum über die Höhe dieses Rasens emporheben. „Längs des Tundrasaumes bei Orlow (in Russisch Lappland) sah ich Fichtenmatten von 5 m Länge", sagt Kihlman (96), „deren dünne sterile Zweige in dem Flechtenfilz umherkrochen und offenbar einer einzigen Keimpflanze entstammten. Die Breite war oft kaum $^1/_{10}$ der Länge, sämtliche Astspitzen gegen Südost gekehrt, die Wachstumsrichtung also der herrschenden Windrichtung parallel. Das Alter dieser Matten war jedenfalls sehr hoch, aber leider nicht einmal annähernd bestimmbar; einige Dezimeter hinter den frischen, reich benadelten Ästen erreichten die halb vergrabenen, nackten Hauptzweige einen Durchmesser von 1,8—2,5 cm bei einem Alter von nicht über 120 Jahren. Weiter rückwärts erschien das Wachstum der nackten Zweige erloschen, es stellte sich Fäulnis ein und die Matte erwies sich als aus mehreren von einander abhängenden Individuen zusammengesetzt. Dieses

Verhalten in Verbindung mit dem frischen gedeihlichen Aussehen der Astspitzen legt die Vermutung nahe, dass die Verjünguug der Matte eine fast unbegrenzte ist, solange sich nur geeigneter Boden auf der Leeseite derselben befindet."

11. Die Spitzfichte[1]) ist im Gegensatz zu den vorher genannten Formen hochgewachsen und zeigt eine Reduktion nur an den Seitenachsen. Die Krone ist walzenförmig, alle Äste sind auffallend kurz und dünn, und hängen oft, namentlich im unteren Teil der Krone, schlaff herab; die kurzen, wenig hängenden Sekundärzweige stehen gegen das Ende der Äste zusammengedrängt.[2]) Diese Wuchsform ist häufig in den Hochlagen der Alpen und des Jura, aber auch im Norden (Schweden, Norwegen, Finland), jedoch nicht an der nordischen Baumgrenze. Es ist einleuchtend, dass diese Form dem Baum einen Vorteil gewährt im Kampf mit den Unbilden des Gebirgsklimas. Die schmale Krone bietet den heftigen Winden eine kleine Angriffsfläche und macht die Auflagerung grosser Schneemassen unmöglich; hängende Äste im unteren Teil der Krone bringen die Assimilationsorgane in eine günstige Lage zum Licht und schützen den Stamm gegen Entstehung von Sonnenbrand. (Engler a. a. O).[3]) Über die Entstehung der Spitzfichte hat Engler die interessante Beobachtung gemacht, dass die Spätfröste dabei eine Hauptrolle spielen. Er fand wiederholt nach Spätfrösten im Gebirge die jungen Seitentriebe erfroren, dagegen die Gipfeltriebe unversehrt, weil diese bei der akropetalen Reihenfolge des Austreibens sich später entwickeln und deshalb vom Froste versehont bleiben. So erklärt sich auch die dichte buschige Verzweigung der kurzen Äste, da diese aus Ersatzknospen für die erfrorenen Triebe entsteht. Wir haben hier also, worauf zuerst P. Vogler aufmerksam machte,[4]) eine zufällige Entstehung einer Anpassung: die Spitzfichte ist vortrefflich angepasst an Wind- und Schneedruck, ihre Form aber verdankt sie dem Spätfrost, gegen den sie nicht geschützt ist.

12. Die Kegelfichte ist niedrig und breit kegelförmig, vom Boden an verzweigt und dicht benadelt; sie findet sich sowohl an der oberen Grenze in den Alpen, als in der Nähe der nordischen Baumgrenze (96).[5]) Bei ihr kommt die Reduktion des Längenwachstums durch die Faktoren des „Grenzklimas" am deutlichsten zum Ausdruck; warum aber an der Baumgrenze das einemal Spitzfichten, das anderemal Kegelfichten auftreten, ist nicht bekannt.

13. Die Fahnenfichte oder Windfahnenfichte ist einseitig beastet als Reaktion auf starke Windwirkung. Sie kommt an der Meeresküste und an dem Winde besonders ausgesetzten Örtlichkeiten in den Gebirgen vor[6]); welche Faktoren das Absterben der Äste auf der Windseite bedingen, ob Austrocknung, Abkühlung oder mechanische Wirkung, ist noch nicht näher untersucht.

C. Durch Reaktion auf die Bodenbeschaffenheit entstandene „Standortsformen".

14. Die Sumpffichte oder Krummfichte (*Picea excelsa* Lmk., *forma palustris* Berg[7]); *P. e. forma aegra myelophthora* Caspary[8]). Der Gipfel ist zur

[1]) A. Engler in Schweiz. Zeitschrift f. d. Forstwesen. Bd. 54. 1903. S. 7.

[2]) v. Berg in Jahresber. d. kgl. sächs. Akad. f. Forst- u. Landwirtschaft zu Tharand. Bd. 13. 1859. S. 83.

[3]) Vom forstwirtschaftlichen Standpunkte haben die Spitzfichten den Vorzug grosser Astreinheit, da die dünnen hängenden Zweige rasch vom Stamm abfallen.

[4]) Neue Zürcher Zeitung. Jahrg. 1903. Beilage zu Nr. 43.

[5]) Vgl. auch Cieslar in Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 20. 1894. S. 145.

[6]) Abbildungen bei L. Klein a. a. O., Fig. 23, 24.

[7]) Schriften der Naturf. Ges. bei der Univers. Dorpat. 1887.

[8]) Schriften der physikalisch-ökonomischen Ges. zu Königsberg. Bd. 15. 1874.

Seite geneigt oder ganz umgebogen und wächst abwärts, auch alle Zweige und Äste sind abwärts geneigt. Caspary fand diese Form in Ostpreussen, Graf v. Berg gibt an, dass er sie in Livland auf jedem grösseren Torfmoor, oft zu Tausenden, gesehen habe. Wenn das Torfmoor entwässert wird, so kehren die meisten Sumpffichten ihren Gipfel wieder aufwärts, und auch als Caspary zwei Krummfichten in den botanischen Garten zu Königsberg verpflanzte, kehrte sich ihr hängender Gipfel alsbald nach oben.

15. Die Senkerfichte (Fig. 43) bildet natürliche Ableger aus Ästen, welche dem Boden aufliegen und Wurzeln schlagen, das Ende des Astes richtet sich zu einem



Fig. 43. *Picea excelsa*. „Senkerfichte“ oder „Fichtenfamilie“ bei Krageró an der norwegischen Küste (58° 27' n. Br.) Mutterstamm 9,4 m, Tochterstämme 2,5—4,7 m hoch. (Nach Schübeler, 168.)

Tochterbäumchen auf. Eine solche Ablegerbildung kann, wie oben erwähnt, bei den reduzierten Formen an der Baumgrenze Folge des Verlustes des Gipfeltriebes und der Schneelast sein, sie kann aber auch im Zusammenhang mit dem Verbeissen auftreten. Moreillon[1]) hat neuerdings auf den „Wytweiden“ des Chasseron im Jura (parkähnlich mit Fichten bewachsenen Weideflächen) zahlreiche

[1]) Journal forestier suisse. Année 54. 1903. S. 195.

Senkerfichten beobachtet, u. a. eine solche von 12 m Höhe mit etwa 30 Tochterbäumchen von 2 m Höhe. Er hält dafür, dass das Verbeissen, welches eine reiche Bildung basaler, dem Boden aufliegender Äste bedingt, auch die Senkerbildung befördere. Die Bewurzelung der Äste findet dort kaum vor dem 20. Jahre statt. Nach Mitteilung von Prof. A. Bühler finden sich solche Senkerfichten auch auf den „pâturages boisés" bei Saignelégier Kant. Bern zahlreich; hier hängen die Äste der alten Fichte bis auf den Boden, es lagern sich Nadeln auf und drücken den Ast an den Boden, wo er sich bewurzelt.

Endlich erzeugen auch normale kräftige Bäume oft Ableger, meist ist in solchen Fällen durch moorigen feuchten Boden das Anwurzeln begünstigt. Loudon[1]) bildet eine prachtvolle derartige „travelling fire" mit über 30 Tochter- und Enkelbäumen ab, ebenso Schübeler (168); Conwentz[2]) führt Senkerfichten an von frischem Boden im Fichtelgebirge, Harz, Riesengebirge, auf der Insel Oesel, im nördlichen Russland und Finland.

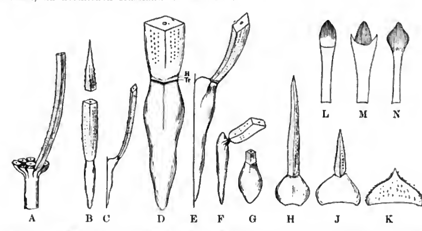


Fig. 44. *Picea excelsa.* Die vegetativen Blattgebilde von den Kotyledonen bis zu den Knospenschuppen (etwas schematisiert).

A Kotyledonen; Spitze der Keimpflanze, mit 8 Kotyledonen, 7 sind abgeschnitten, einer zu $^3/_4$ gezeichnet; Blattkissen und Gelenk fehlt; Spaltöffnungen nur auf den beiden Innenflächen; Innenkante stark borstlich. B und C Primärblatt von vorn und von der Seite; Blattkissen und Gelenk vorhanden; Stiel schwach abgegrenzt, Spaltöffnungen auf allen 4 Flächen; alle Ksnten borstlich. D und E Nadel eines kräftigen, 13 mm dicken Endtriebes; Blattkissen, Trennungslinie Tr und hyaline Schicht H sehr deutlich, Stiel schwach abgesetzt, Kanten kahl. F Nadel eines dorsiventralen Seitentriebes mit scharf abgesetztem langem Stiel und starker Entwicklung des Blattkissens auch oberhalb desselben. G—J Übergang zu Knospenschuppen. K Typische Knospenschuppe. L—N Oberste Knospenschuppen nach dem Austreiben; das untere unschraffierte Stück ist nachträglich gewachsen. (A—K Original Sch., L—N nach Lubbock) A—C 4 : 1, D—K 12 : 1, L—N 3 : 1.

Die Fichte besitzt viererlei vegetative Blattgebilde (Fig. 44):

1. Kotyledonen: wirtelig gestellt, ohne Blattkissen und Gelenk, dreikantig, mit borstlich behaarter Innenkante und spaltöffnungsfreier Aussenfläche.
2. Primärnadeln: spiralig gestellt[3]), flach vierkantig, an allen 4 Kanten stark borstlich behaart, mit Blattkissen, Stiel und Gelenk.

---

[1]) Arboretum et fruticetum britannicum. London 1838. Vol. IV. S. 2298.

[2]) Abhandlungen zur Landeskunde der Prov. Westpreussen. Heft 9. Danzig 1895.

[3]) Nicht vierzeilig, wie Wigand (222) nach einer missverstandenen Angabe Th. Hartigs behauptet.

3. Folgenadeln: spiralig gestellt, mit kahlen oder behaarten Blattkissen, mit Stiel und Gelenk, vierkantig, mit seltenen Ausnahmen vom 10. Lebensjahre an kahl.
4. Knospenschuppen: spiralig, mit breitem Grunde aufsitzend, flach, schuppenförmig, mit Randhaaren und Flächenhaaren.

Die allmählich fortschreitende Differenzierung im anatomischen Bau der Assimilationsblätter 1—3 ist schematisiert in Fig. 45 dargestellt.

Die Nadeln des erwachsenen Baumes (Folgenadeln) stehen in einer dicht gedrängten Spirale an dem Trieb; die häufigsten Divergenzbrüche sind $^{13}/_{34}$ und $^{21}/_{55}$. In der definitiven Richtung der Nadeln[1]) können folgende Fälle unterschieden werden (vgl. Fig. 46):

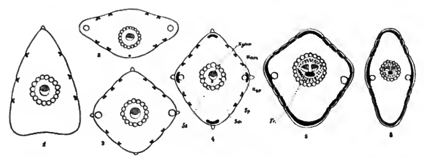


Fig. 45. *Picea excelsa.*

Steigerung der anatomischen Differenzierung der Nadeln, in schematisierten Querschnitten nach Daguillon (16) und eigenen Beobachtungen (Sch.)

1. Kotyledon: Börstchen an der Innenkante, Spaltöffnungen nur auf den Aussenflächen, noch kein Hypoderm und keine Harzgänge, innerhalb der Bündelscheide noch kein Transfusionsgewebe und keine Stereïden, Bündel noch einfach. 2. und 3. Primärnadeln des ersten Jahres, 2. dicht über den Kotyledonen, 3. weiter oben: Börstchen an allen 4 Kanten, Spaltöffnungen auf allen 4 Flächen, Hypoderm mit einzelnen Zellen beginnend, Harzgänge in der normalen Zweizahl, Transfusionsgewebe und Stereïden innerhalb der Bündelscheide fehlen noch, Bündel noch einfach. 4. Übergangsnadel des zweiten Jahrestriebes: Börstchen an allen 4 Kanten, Spaltöffnungen und Harzgänge wie beim Folgeblatt, Hypoderm nur an den Kanten entwickelt, Transfusionsgewebe und Stereïden innerhalb der Bündelscheide beginnen aufzutreten; also alle Gewebedifferenzierungen bereits vorhanden, teilweise aber erst im Beginn. 5. und 6. Folgeblätter, 5. vom Endtrieb, 6. von einem Seitentrieb: Hypoderm ringsum entwickelt, an den Kanten verstärkt, Bündel geteilt, Transfusionsgewebe einen vollständigen Mantel um dasselbe bildend, unterhalb des Phloëms hat sich ein kräftiges Stereïdenbündel entwickelt. — Sp Spaltöffnungen, Hyp Hypoderm, Harz Harzgang, Sch Bündelscheide, St Stereïden, Tr Transfusionsgewebe. 20 : 1.

1. An dem stets orthotropen Gipfeltrieb stehen die Nadeln gleichmässig nach allen Seiten ab und sind dem Zweige mehr oder weniger angedrückt (Fig. 46 A, C). Ebenso, aber mit abstehenden oder nach auswärts gekrümmten Nadeln, verhält sich der Gipfeltrieb der Schlangenfichten und astlosen Fichten, auch die schlaff herabhängenden Zweige der Hängefichten sind rings herum gleichmässig benadelt.

2. Die oberen, stark belichteten Quirläste zeigen schwach dorsiventralen Bau: ihre Nadeln sind von der Unterseite (Schattenseite) weg gewendet, streben schief aufwärts und sind meist bogenförmig gekrümmt (Fig. 46 A, B). So verhält sich selbstverständlich auch der erste Jahrestrieb tiefer stehender Quirläste.

[1]) Vergl. auch: M. E. Mer, De l'influence de l'ombre et de la lumière sur la structure, l'orientation et la végétation des aiguilles d'Abies excelsa. Bull. de la soc. bot. de France, vol 30, 1883, p. 40. — Ferner ebenda vol. 22, p. 199; vol. 24, p. 109; vol. 26, p. 15; vol. 27, p. 23.



Fig. 46. *Picea excelsa.*

Anisomorphie der Sprosse und Variationen in der Nadelrichtung.

A Orthomorpher Gipfelspross einer erwachsenen Fichte (aufrecht stehend und radiär gebaut), Nadeln aufrecht anliegend, nur stellenweise, wie links in der Mitte, durch Seitenknospen abgedrückt; die starke Gipfelknospe war wie diejenige von C von einem Büschel gedrehter Nadeln umhüllt, welche entfernt sind. Der Seitenast rechts zeigt beginnende Dorsiventralität: Die Nadeln sind einseitig aufgerichtet. — B blühender kurzer Seitenzweig einer Fichte von Arosa (bei 1800 m) mit sehr langen und stark gekrümmten, einseitswendigen Nadeln. — C Gipfeltrieb einer jüngeren Fichte, die Endknospe von einem Büschel spiralig gedrehter Nadeln geschützt. — D Trieb aus der unteren beschatteten Region, von unten gesehen: die Nadeln von der Unterseite weggewendet. — E derselbe von oben: die Nadeln rings um den Zweig stehend. 3 : 5. (Orig.-Phot. Sch.)

3. Die unteren Seitenzweige im beschatteten Teil der Krone sind stark dorsiventral ausgebildet; sie gleichen halbierten Zylinderbürsten, indem ihre Nadeln von der unteren, beschatteten Seite weggewendet sind [1]), oben aber rings abstehen, wobei die zenithwärts gerichteten Nadeln die geringste Länge haben (Fig. 46 D, E). Die Beeinflussung dieser dorsiventralen Ausbildung folgt genau denselben Gesetzen, wie bei der Eibe (s. S. 70). Eine maximale Ausbildung der Dorsiventralität der letzten Verzweigungen fand sich bei einer vor kurzem von Pillichody neu entdeckten Spielart, *l. ramosa* Pill.[2]). Bei dieser bilden sich von den Seitenzweigen immer nur zwei aus, und alle stehen in einer Ebene, sodass eine fächerförmige Verbreitung der Zweigsysteme entsteht. Die Nadeln sind sehr stark flachgedrückt und so ausgeprägt gescheitelt, dass alle in einer horizontalen Ebene liegen. Dagegen zeigen eine sehr schwach oder gar nicht ausgeprägte Dorsiventralität die Kümmertriebe frisch verpflanzter Exemplare und die massenhaft erzeugten kurzen Triebe der Verbissfichten und Hexenbesen.

Die Nadelbasis geht in ein sehr ausgeprägtes Nadelkissen aus; es ist ein schmaler, oben und unten spitz zulaufender, dem Zweige aufsitzender Wulst, unter dessen oberem Ende der vierkantige, braun gefärbte Nadelstiel abgeht (Fig. 44, D—F; Fig. 47). Das Gewebe der Kissen (Fig. 48) ist ein grosszelliges polygonales Parenchym, es geht gegen die Mitte des Nadelstieles von aussen nach innen allmählich in sklerotische Zellen und kurze Fasern über, bis schliesslich nur noch die Elemente des Gefässbündels nicht sklerotisiert sind. Das „Gelenk" (Fig. 48, Tr) wird gebildet von einer einschichtigen Platte kleiner, etwas quer gestreckter, reich getüpfelter Sklerenchymzellen, welche die Nadelbasis quer durchsetzt und alle Gewebe mit Ausnahme des Gefässbündels umfasst. An diese „Trennungsschicht" grenzt nach aussen ein grösserzelliges, spärlich getüpfeltes, etwas längsgestrecktes Sklerenchym, das allmählich in das Mesophyll des Blattes übergeht (Fig. 48, Sk).

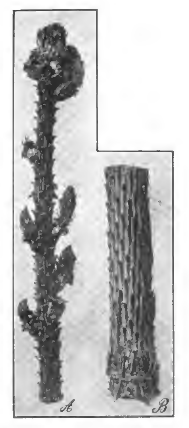


Fig. 47. *Picea excelsa.* Blattkissen und Nadelstiele.

A Gipfeltrieb einer jüngeren Fichte mit besonders langen Nadelstielen, nach Entfernung der Nadeln. — B fünfjähriges Triebstück, unten mit einigen noch ansitzenden, dem Stamm fest anliegenden Nadeln, die Blattkissen und Nadelstiele zeigend. 3:5. (Orig.-Phot. Sch.)

[1]) Die Angabe von Wigand (222), dass die Nadeln an der unteren Seite abfallen, beruht auf einem Irrtum.

[2]) Vergl. C. Schröter, Fortschritte der Floristik. Neue Formen und Standorte aus der Flora der Schweiz aus den Jahren 1901—1902. Ber. d. Schweiz. Botan. Gesellschaft. Heft 13. 1903. S. 114.

Der Blattfall wird dadurch bedingt, dass die kleinzellige und die grosszellige Sklerenchymschicht sich verschieden kontrahieren, nach einer Messung von J. Behrens[1]) die erstere um 5,7 %, die letztere um 12—14 %; dadurch kommt es zu einer Lockerung, sodass Stiel und Nadel nur noch durch das leicht zerreissbare Gefässbündel zusammengehalten werden, welches dann abbricht. Der Nadelfall wird also durch das Absterben und Austrocknen der Nadel veranlasst und erfolgt an einer schon vorher vorhandenen sklerotisierten Trennungsschicht, die auch als Wundverschluss fungiert, bis der Korkmantel unter dem Blattstielstumpf sich geschlossen hat. Diesem Typus des Blattabwurfes, der ausserdem noch bei baumartigen Monokotyledonen und tropischen *Orchideen* vorkommt, folgen unter den Coniferen die Gattungen *Tsuga, Larix, Cedrus* und *Picea;* bei *Abies* wird der Abwurf durch eine Lenticelle vermittelt, welche unter der auch hier von vorn herein vorhandenen Trennungsschicht entsteht; bei den *Cupressineen, Dacrydium taxifolium, Pinus* und *Sciadopitys* wird durch den Peridermmantel der Achse das gesamte Blattgewebe abgeworfen, und endlich bei den *Taxineen*

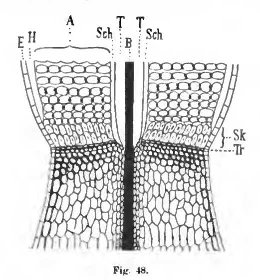


Fig. 48.

Fig. 48. *Picea excelsa.*

Medianer Längsschnitt durch Nadelstiel, Gelenk und Nadelbasis, schematisiert.

B das die Mitte durchziehende Gefässbündel, welches in der Nadel von dem Transfusionsgewebe TT und der Bündelscheide Sch Sch umgeben wird; im Stiele fehlen beide. Der Stiel zeigt an seinem oberen Ende eine Querplatte aus kleinzelligem, dickwandigem Sklerenchym, die „Trennungsschicht" Tr, an diese grenzt die Nadelbasis mit einer durchsichtigen, hell gefärbten, „hyalinen Schicht" aus grosszelligem Sklerenchym Sk an; die verschieden starke Kontraktion dieser beiden, scharf gegen einander abgesetzten Schichten beim Austrocknen bedingt das Abfallen der Nadel. A das in Querlamellen angeordnete, weite Lufträume enthaltende Assimilations-Parenchym, E Epidermis, H Hypoderma. 75 : 1. (Orig. Sch.)

(ausschl. *Dacrydium*) entsteht, wie bei den Dikotyledonen, sekundär eine dünnzellige, leicht zerreissende Trennungsschicht, unter welcher Kork gebildet wird.[1])

Die Nadeln erreichen ein beträchtliches Alter, noch an 8—9jährigen, ausnahmsweise sogar an 10—12jährigen Trieben sieht man einzelne sitzen. Das Abfallen der Nadeln charakterisiert sich nach den Untersuchungen von J. Wiesner[2]) als „Treiblaubfall", d. h. es steht mit der Entfaltung der Laubknospen im Zusammenhang; zwar werfen die Fichten das ganze Jahr hindurch Nadeln ab, aber zu der Zeit, wenn die jungen Sprosse in ihrer stärksten Entwicklung stehen,

[1]) J. Behrens, Über die anatomischen Beziehungen zwischen Blatt und Rinde der Coniferen. Diss. Kiel 1886. — Die beim Trocknen ihre Nadeln abwerfenden Zweige von *Tsuga, Larix, Cedrus* und *Picea* können für das Herbarium durch $2^1/_2$ stündiges Kochen präpariert werden; längeres Verweilen in Alkohol (aber nicht in Formol) tut denselben Dienst.

[2]) Berichte der Deutschen Botan. Gesellsch. Bd. 22. 1904. S. 316.

oder ihre Entwicklung eben abgeschlossen haben, ist die Ablösung der Nadeln am reichlichsten.

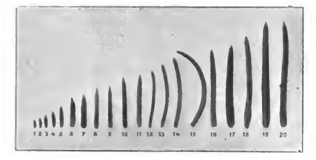


Fig. 49. *Picea excelsa.* Variation der Nadellänge. (Nach Sch.)
Nr. 1—5. Von einem älteren unterdrückten Baum. 6—7. Von einem Primärast der Subvarietät caerulea Breinig. 8—11. Vom Stamm einer 15jährigen Fichte. 12—13. Von einem Sekundärast desselben Baumes wie 6 und 7. 14—15. Von dem fruktifizierenden Seitenästchen Fig. 46 B. 16—18. Vom Primärast einer Schlangenfichte. 19—20. Von dem auf Isola bella kultivierten Exemplar der astlosen Fichte (lusus monstrosa Loudon).

Die Länge der Nadeln variiert von 2,5 mm bis 35 mm (66), vergl. Fig. 49. Kurze Nadeln finden sich an jungen Pflanzen, an unterdrückten Stämmchen — die deshalb habituell oft auffallend der *Picea orientalis* Lk. gleichen —, an den Jahrestrieben, welche im Verpflanzjahr wachsen — wobei solche „Bürstentriebe" oft einen auffallenden Gegensatz zu den folgenden normalen Trieben bilden (vgl. Fig. 50) — an kahl gefressenen Bäumen im folgenden, manchmal auch noch im zweitfolgenden Jahr, so z. B. nach Nonnenfrass[1]), an den Formen der Baumgrenze, und an den reichverzweigten Spielarten (Hexenbesenfichten). Lange Nadeln dagegen sind vorhanden an den Wipfeltrieben kräftig vegetierender Bäume und bei den zweigarmen Spielarten (Schlangenfichten, astlosen Fichten; s. Fig. 51) wohl als Kompensation, insofern als das Fehlen benadelter Zweige durch die grössere Assimilationsfläche der vorhandenen Nadeln aufgewogen wird.



Fig. 50. *Picea excelsa.*
Zweige einer im Jahre 1887 verpflanzten Fichte; die Nadeln aus diesem Jahre sind kurz, bilden „Bürstentriebe". (Verkleinert!) (Nach Sch.)

Die Querschnittform der Nadel ist stets rhombisch mit abgerundeten Kanten, die Dimensionen der beiden Achsen variieren zwischen 1,5 : 1 mm und 3 : 2 mm; die Extreme in Form und Grösse der Querschnitte sind aus Fig. 52 ersichtlich. Die im Querschnitt quadratischen und die quer ver-

[1]) Ratzeburg, C., Waldverderbnis. Teil I. Taf. 25. Fig. 6.

breiterten, d. h. flachgedrückten und mehr breiten als hohen Nadeln finden sich mehr an älteren Bäumen, am Haupttrieb, an Seitentrieben der Wipfelregion, an den Formen aus der Nähe der Baumgrenze; es scheint also stärkere Belichtung diesen Bau zu begünstigen. Die quer zusammengedrückten Nadeln (höher als breit!) sind besonders an jungen Pflanzen und an beschatteten unteren Seitentrieben anzutreffen, in ganz extremer Ausbildung fand sich diese Nadelform an den stark dorsiventralen Trieben der Spielart *ramosa* Pillichody (s. oben), dabei kehrten alle Nadeln ihre Flächen nach oben und unten, ihre Kanten seitwärts. Nach Mer (a. a. O.) werden die beiden Durchmesser einander um so ähnlicher, je kräftiger die Nadel ist.



Fig. 51. *Picea excelsa.* Zweig einer Schlangenfichte (von Buttes Kant. Neuenburg). 1:1 (nach Sch.).

Die Spitze der Nadel ist gelblich gefärbt, stechend und aus mechanischen Zellen gebildet. Die Behaarung der Folgenadeln verliert sich etwa vom 10. Lebensjahr an, die Nadeln erwachsener Pflanzen sind meistens völlig kahl, mit Ausnahme der Spielart *caerulea* Breinig (blaue Fichte), bei welcher die Nadeln starker Primäräste an den Kanten gewimpert sind (Fig. 53), und der Spielart *ramosa* Pillichody, bei der die Seitenkanten der stark flachgedrückten Nadeln mit Sägezähnen besetzt sind. Die Färbung der Nadeln variiert von dunkelgrün bis bläulichweiss. Mit dem durch die Oberhaut abgedämpften Grün kombiniert sich eine weissliche Färbung von dreierlei Ursprung: die Spaltöff-

nungen, in 2—7 Längsreihen auf allen 4 Flächen auftretend, zeigen in ihrer äusseren Atemhöhle eine Verstopfung durch Wachskörnchen (Fig. 54, 56) und bilden deshalb weisse Pünktchen; zwischen ihnen tritt oft eine diffuse Wachsausscheidung auf der Oberhaut auf, und endlich kommen vereinzelte mit Wachs gefüllte Idioblasten in der Epidermis vor, die ebenfalls als weisse Pünktchen erscheinen. Die Kanten sind immer

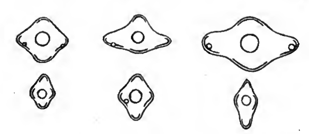


Fig. 52. *Picea excelsa.* Extreme Qnerschnittformen der Nadel.

Obere Reihe: links vom Gipfeltrieb eines 15jährigen Baumes, in der Mitte vom obersten Seitentrieb einer Alpenfichte (1770 m), rechts von der astlosen Fichte (l. monstrosa Loud.) von der Isola bella. Untere Reihe: links von einem unterdrückten Exemplar, in der Mitte von einem sekundären Seitenast eines starken Baumes, rechts 7 mm lange Nadel von einem unterdrückten Exemplar. — Die der äusseren Kontur anliegende Linie bedeutet das Hypoderm, die randständigen Kreise sind Harzgänge, der zentrale die Gefässbündelscheide. 10 : 1 (nach Sch.)

rein grün, die Flächen dagegen mehr oder weniger bereift; der Grad dieser Bereifung ist abhängig von erblicher Anlage, von der Beleuchtung — am gleichen Baum sind die besonnten oberen Triebe oft mit bereiften Nadeln besetzt, die unteren beschatteten mit unbereiften — und in manchen Fällen von der Orientierung der Nadeln: die oberen, dem Zweigende zugekehrten Flächen können stärker bereift sein als die andern. Solche Fälle, in schönster Ausbildung bei einem Exemplar der *Picea excelsa* lus. *caerulea* vom Neuenburger Jura (66) beobachtet, erinnern an die ostasiatisch-westamerikanische Gruppe der *Omorica*- und *Casicta*-Fichten (*P. ajanensis* Fisch. etc.).

1 2 3

Fig. 53. *Picea excelsa.* Behaarung der Nadeln bei einem Exemplar der blauen Fichte (*Picea excelsa* Lk. lusus *caerulea* Breinig.) von Buttes Kanton Neuenburg. 1 u. 2 2:1, 3 50:1 (nach Sch.)

Im anatomischen Bau zeigt die Nadel ausgesprochene xerophytische Anpassungen (Fig. 54). Die äussere Wandung der Epidermiszellen ist sehr stark verdickt, unter der Epidermis ist ein kräftiges, an den Kanten z. T. mehrschichtiges Hypoderm aus langgestreckten und stark verholzten mechanischen Zellen entwickelt. In den Nadeln des Gipfeltriebes ist das Hypoderm nur an der unteren Kante mehrschichtig, in den flachgedrückten Nadeln der Seitentriebe dagegen an keiner oder an den beiden medianen Kanten (an den Enden der langen Achse des Rhombus) (16). Das Hypoderm ist stark verholzt; nach Noack (55) ist die Verholzung bei nördlichen Fichtenarten (*P. excelsa* und *P. alba*) stärker als bei südlichen (*P. orientalis*), doch scheinen mir die Angaben nicht zahlreich genug, um einen solchen Schluss zu ziehen. Eine

weitere Herabsetzung der Transpiration der Blätter wird erreicht durch die Wachsausscheidung auf der Epidermis und den Wachspfropf in der äusseren Atemhöhle der Spaltöffnungen. Diese sind in Längsreihen angeordnet (Fig. 55, 56) und nach dem bekannten Gymnospermen-Typus gebaut: die Gliederung des Porus in Vorhof, Zentralspalte und Hinterhof fehlt; um diesen

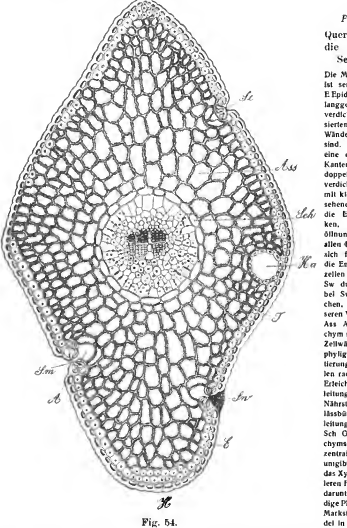


Fig. 54.

Fig. 54.
Picea excelsa.
Querschnitt durch die Nadel eines Seitentriebes.

Die Mediane der Nadel ist senkrecht orientiert. E Epidermis, derenZellen langgestreckt, mit stark verdickten, cuticularisierten und verholzten Wänden ausgestattet sind. H Hypoderma, eine einfache, an den Kanten der Nadel häufig doppelte Schicht stark verdickter, bastähnlicher, mit kleinem Lumen versehener Zellen, welche die Epidermis verstärken. Se, Sm, Sw Spaltöffnungen, wie sie auf allen 4 Flächen der Nadel sich finden; Se durch die Enden der Schliesszellen getroffen, Sm und Sw durch deren Mitte, bei Sw die Wachskörnchen, welche den äusseren Vorhof verstopfen. Ass Assimilationsparenchym mit etwas welligen Zellwänden, der Chlorophyllgehalt durch Punktierung angedeutet; Zellen radial gestreckt zur Erleichterung der Zuleitung von Wasser und Nährstoffen aus dem Gefässbündel und der Ableitung der Assimilate. Sch Grosszellige Parenchymscheide, welche das zentrale Gefässbündel umgibt; in letzterem ist das Xylem an der dunkleren Färbung kenntlich, darunter das zartwandige Phloëm; ein breiter Markstrahl teilt das Bündel in 2 Teile; unterhalb des Phloëms eine Gruppe dickwandiger Bastzellen. Das Gefässbündel ist von einem bis zur Scheide reichenden Mantel von Transfusionsgewebe T umgeben, welches nur über dem Xylem von einer Lücke unterbrochen ist. Ha ein Harzgang im Parenchym, an die Epidermis anstossend; die Zellen seines „Sezernierungs-Epithels“ stark verdickt.
100 : 1. (Orig. Sch.)

unvollkommenen Verschluss auszugleichen, sind die Spaltöffnungen unter die Ebene der Epidermiszellen eingesenkt (Fig. 57). Die Membranen der Schliesszellen sind bis auf einen schmalen Streifen verkorkt. Das Gefässbündel, aus zwei getrennten Hälften bestehend, ist von einer hohlzylindrischen Strangscheide aus verholzten Zellen umgeben; der gesamte, zwischen dieser und dem Gefässbündel liegende Raum ist von dem Transfusionsgewebe („Tracheïdensaum") eingenommen[1]), jenem mit Hoftüpfeln ausgestatteten Parenchym, das bei den Cycadeen und Coniferen die Rolle der Bündelverzweigungen übernimmt. Das Transfusionsgewebe von

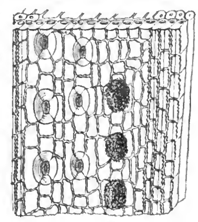


Fig. 56. *Picea excelsa.*
Epidermis-Stück von einer Nadel, mit drei Reihen von Spaltöffnungen.
Bei der Reihe rechts der Wachspfropf im äusseren Vorhof vorhanden, bei den übrigen nicht gezeichnet. Jede Spaltöffnung liegt in einer von 4 Nebenzellen gebildeten Vertiefung. Die Epidermiszellen zeigen stark wellige Wände, rechts und links schimmern die langgestreckten Hypodermzellen durch; oben an der Figur die Querschnitts-Ansicht von Epidermis und Hypoderm. 150 : 1. (Orig. Sch.)

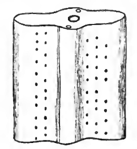
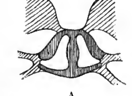


Fig. 55. *Picea excelsa.*
Stück einer Nadel mit den reihenweise angeordneten Spaltöffnungen. 25 : 1.
(Orig. Sch.)

Picea ist nach dem *Pinus*-Typus von Karlsson (a. a. O.) gebaut: es bildet einen geschlossenen Hohlzylinder, die Zellen haben nur Hoftüpfel, aber keine netzartigen Verdickungen, einfach-poröse Transfusionszellen zerstreut unter den andern, Transfusions-Xylem und -Phloëm schwach entwickelt. Nach Scheit[1]) ist dieses Gewebe insofern anpassungsfähig, als es bei den Coniferen sonniger Standorte, also mit grösseren Wasserleitungsbedürfnissen, stärker ausgebildet ist, als bei solchen feuchterer und schattigerer Standorte. Ihr Analogon findet diese Ausbreitung des wasserleitenden Teiles des Bündels in den von Strasburger entdeckten,



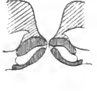


Fig. 57. *Picea excelsa.* Querschnitt der Spaltöffnung.
A in der Nähe des Poles, B durch die Mitte. Die Wände der Nebenzellen sind schräg, die der Schliesszellen senkrecht und enger schraffiert. 650 : 1. (Nach Mahlert.)

[1]) G. A. Karlsson, Transfusionsväfnaden hos Conifererna. Lunds Univers. Arsskrift. Bd. 24, 1888. — M. Scheit, Die Tracheïdensäume der Blattbündel der Coniferen. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 16. 1883. S. 615. — A. Zimmermann, Über das Transfusionsgewebe. Flora. Bd. 63. 1880. S. 2.

eiweissreichen und grosskernigen „Übergangszellen“, welche an den eiweissleitenden Teil des Gefässbündels, das Phloëm, anschliessen. Zwischen Strangscheide und Epidermis breitet sich das grüne, ebenfalls verholzte Assimilationsgewebe aus; nach Mer ist es bei horizontal orientierten Nadeln auf der Oberseite grosszelliger. Auf dem Längsschnitt (Fig. 48) sieht man, dass es in Querlamellen auftritt. Harzgänge sind meist zu zwei, seltener einer oder gar keiner vorhanden, sie stehen am Ende der Querachse des Rhombus. Von 440 Nadeln, die 13 Bäumen entnommen waren, zeigten 37,3 % zwei Harzgänge, 40,2 % einen, und 22,5 % keinen Harzgang auf einem Querschnitt durch die Mitte der Nadel (66). Die den Harzgang auskleidenden Epithelzellen sind nach Frau Schwabach[1]) im Gegensatz zu allen andern Coniferen schon sehr frühzeitig verdickt, sodass nur ein kleines Lumen zu beobachten ist.

Wie bei der Tanne, so sind auch bei der Fichte die Endknospen der Haupt- und Seitentriebe von einigen, scheinbar in Quirlen stehenden Seitenknospen umgeben; ausserdem bilden sich in der oberen und mittleren Region der Triebe etwa sechs unregelmässig verteilte Seitenknospen aus, während der untere Teil der Jahrestriebe von Knospen frei ist (Fig. 46 A). Der Schluss der Knospen ist (in Giessen) durchschnittlich am 9. August vollzogen, das Scheitelwachstum der jungen Nadeln wird aber erst Ende November oder Anfang Dezember eingestellt, wenn dieselben eine Länge von 0,29 mm erreicht haben.[2]) End- und Quirlknospen sind an den Haupttrieben am grössten und kräftigsten; sie haben eine kegelförmige Gestalt, sind spitz oder stumpf und werden von einer grossen Anzahl, nach Schumann (67) bis über 90 gelbbraunen, trockenhäutigen, meist dicht zusammenschliessenden, durch ausgetretenes Harz kaum merklich verklebten Schuppen umgeben (**222**, 30). Am Triebende sind die der Gipfelknospe sich anlegenden Nadeln kleiner, und werden etwas gekrümmt, ihre der Knospe zugewendete Kante verschwindet; die auf sie folgenden Blattorgane entwickeln sich zu Knospenschuppen (**59**) (vergl. Fig. 44, G—N). Die untersten derselben sind am meisten lederig, entsprechend dem vergrösserten Blattkissen verbreitert, breitdreieckig, zugespitzt, mit einem mehr oder weniger deutlichen Mittelkiel versehen; darauf folgen ebenfalls lederige, von einer etwas mehr oblongen Gestalt mit stumpfen oder etwas spitzen Enden; die innersten haben ungefähr die Länge der ganzen Knospe, eine spatelförmige Gestalt und mit Ausnahme der braunen festen Spitze eine hautartige, durchsichtige Beschaffenheit. Die obersten Schuppen sind an der Spitze plötzlich verbreitert und bilden miteinander eine Kappe, welche um die Spitze der Knospe gerollt ist und die jungen Nadeln vollständig bedeckt und schützt (**126**).

Der anatomische Bau der äussersten Knospenschuppen (Fig. 58) deutet noch an, dass sie durch Umbildung von Laubblättern entstanden sind. Sie besitzen einen Mittelnerv, der an der Spitze nicht selten in einen nadelähnlichen Fortsatz ausgezogen ist; das Transfusionsgewebe ist nach Scheit (a. a. O.) eben so entwickelt, wie in den Nadeln; an ihrer Basis zeigen sie unter der Epidermis der Aussenseite eine Schicht von bastfaserartig verdickten Hypodermzellen; auch auf der Innenseite ist in der mittleren unteren Partie noch ein ähnliches zusammengedrücktes Hypoderm zu erkennen, während an den Rändern und an der Spitze diese Gewebe verschwinden und der Bau der Schuppen hier demjenigen der auf sie folgenden mittleren Knospenschuppen entspricht. Diese zeigen eine kräftige Epidermis auf ihrer Aussenseite, unterhalb derselben an der Basis eine ziemlich mächtige Schicht von tafelförmigen langgezogenen Zellen, und bestehen im übrigen, ab-

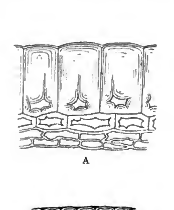
---

[1]) Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft. Bd. 17. 1899. S. 191.

[2]) P. Sonntag, Über Dauer des Scheitelwachstums und Entwicklungsgeschichte des Blattes. Dissert. Berlin 1886.

gesehen von der Epidermis der Innenseite, aus nur 2—3 Zellschichten langgezogener, zusammengedrückter Zellen, welche Harz enthalten und die Aufgabe haben, durch Aussonderung desselben die Knospenschuppen zusammenzukitten. Harzgänge fehlen nach Schumann (67) nicht, sind aber schwer erkennbar. Die allerinnersten Schuppen haben beiderseits eine zarte Epidermis, deren Zellen ziemlich gross, rundlich und dünnwandig, mit einem trüben Inhalt erfüllt sind; das innere Gewebe besteht nur aus wenigen Schichten rundlicher, dünnwandiger Zellen (**2, 59**).

Der Schutz für die Knospe wird verstärkt durch eine eigentümliche ringförmige Wucherung, welche der Trieb unterhalb derselben bildet. Sie wird durch diese Becherbildung, die als eine interessante Analogie zum Achsenbecher der perigynischen Blüten bemerkenswert ist, etwas eingesenkt. Noch



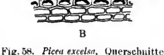


Fig. 58. *Picea excelsa*. Querschnitte durch Knospenschuppen.

A von einer der äussersten Schuppen mit sehr stark verdickten Zellwänden der äusseren Epidermis. B von einer der inneren, viel schwächer gebauten Schuppen. (Nach Grüss).

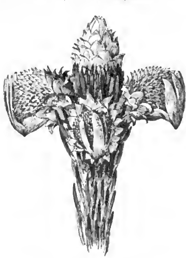


Fig. 59. *Picea excelsa*
Aufbrechen der Knospen am Gipfeltrieb. Die Quirlknospen eilen der Endknospe voraus; die Knospenschuppen werden z. T. als Mützchen abgeworfen: kalyptrale Deperulation 3:2. (Orig. L. Schröter).

an 4—5jährigen Trieben erkennt man deutlich den Knospenwulst an der Basis der Jahrestriebe (vgl. Fig. 47 B).

Durchschnittlich am 16. April (in Giessen) beginnen die Winterknospen anzuschwellen, zeigen nachher eine Streckung, und beginnen nun auszutreiben. Dabei wird zunächst die Schuppenhülle unter interkalarem Wachstum der einzelnen Schuppen an ihrer Basis verlängert, dann reissen die mittleren und obersten Schuppen am Grunde los, während sie an ihren Spitzen miteinander verklebt bleiben, und bilden so eine Kappe (Fig. 59), welche den jungen Trieb noch eine Zeit lang an der Spitze bedeckt und von ihm emporgehoben wird („kalyptrale Deperulation" von Masters). Die Kappe bewirkt eine Verlängerung des Knospenzustandes gerade im gefährlichsten Moment des ersten Heraustretens der zarten Nadeln. Die Schuppen der stehen bleibenden unteren Knospendecke krümmen

sich auswärts, und der so entstehende Schuppenbecher bleibt als zierliche Manschette noch lange am Grunde der Jahrestriebe stehen. Die Knospenachse verlängert sich im Frühjahr zunächst in ihrer ganzen Länge gleichmässig und wird dabei etwa 5mal so lang, als sie im Winter war; auf diese Weise erreicht sie etwa $^{1}/_{10}$ ihrer definitiven Länge. Bei der ferneren Streckung bildet sich aber eine Zone maximalen Wachstums aus; diese liegt zuerst an der Basis des Sprosses und rückt allmählich nach der Spitze vor.[1] Die Endknospe des Gipfeltriebes treibt später aus als alle Seitenknospen und ist deswegen vor der Gefahr der Spätfröste besser geschützt; deshalb sieht man in Frostlagen nicht selten alle neuen Triebe erfroren, und nur die Gipfelknospen kräftig entwickelt (29). Die Nadeln sind (in Giessen) im Mittel am 3. Mai hervorgetreten; die junge Knospe nutiert stark und verkleinert dadurch ihre ausstrahlende Fläche. — (Sch.)

Das Wachstum der Fichte ist während ihres Jugendstadiums, welches man bis zum 10. Jahre rechnet, langsam (vgl. S. 111), wenn auch etwas ausgiebiger als bei der Tanne. Erst vom 10. Jahre an beginnt ein stärkeres Wachstum, und eine ausserordentliche Steigerung des Höhenwuchses pflegt auf besseren Standorten um das 40.—50. Lebensjahr einzutreten.

Das Höhenwachstum normaler süddeutscher Fichtenbestände zeigt nach A. Schwappach[2]) folgenden Gang:

Alter	mittlere Höhe der Bestände in m				
	bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse
10 Jahre	2,6	2,0	1,4	0,9	0,4
15 „	4,6	3,5	2,4	1,5	0,8
20 „	6,7	5,1	3,5	2,2	1,3
25 „	9,0	6,8	4,7	3,0	1,9
30 „	11,5	8,7	6,0	3,9	2,6
35 „	14,2	10,7	7,4	5,0	3,4
40 „	16,8	12,9	8,9	6,2	4,3
45 „	19,2	15,1	10,6	7,5	5,3
50 „	21,4	17,1	12,5	8,9	6,3
55 „	23,4	19,0	14,3	10,4	7,4
60 „	25,2	20,7	16,0	12,0	8,5
65 „	26,8	22,2	17,6	13,7	9,7
70 „	28,2	23,6	19,1	15,3	11,0
75 „	29,4	24,9	20,5	16,7	12,2
80 „	30,5	26,1	21,8	17,9	13,2
85 „	31,6	27,2	23,0	18,9	14,1
90 „	32,6	28,3	24,1	19,8	14,9
95 „	33,6	29,3	25,1	20,6	15,6
100 „	34,5	30,2	26,0	21,4	16,2
105 „	35,3	31,0	26,8	22,1	—
110 „	36,0	31,7	27,5	22,8	—
115 „	36,6	32,3	28,1	—	—
120 „	37,1	32,8	28,6	—	—

Nach demselben Autor spricht sich die grosse Periode im Höhenwachstum, deren Kurve einen schnell ansteigenden und einen langsam absteigenden Ast aufweist, in folgenden Zahlen aus. Es beträgt (ebenfalls in den süddeutschen Fichtenbeständen)

---

[1]) L. Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904. S. 353.

[2]) Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände. Berlin 1890.

im Alter von	der mittlere jährliche Höhenzuwachs in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
10 Jahren	29	22	18	10	5
15 „	41	31	21	13	9
20 „	44	33	23	15	11
25 „	48	36	25	17	13
30 „	52	39	27	20	15
35 „	**53**	42	29	23	17
40 „	50	**44**	32	25	19
45 „	46	42	36	27	20
50 „	42	39	**37**	29	21
55 „	38	36	35	31	22
60 „	34	32	33	**33**	23
65 „	30	29	31	33	**25**
70 „	26	27	29	30	25
75 „	23	25	27	26	22
80 „	22	23	25	22	19
85 „	21	22	23	19	17
90 „	20	21	21	17	15
95 „	19	19	19	16	13
100 „	17	17	17	15	12
105 „	15	15	15	14	—
110 „	13	13	13	13	—
115 „	11	11	11	—	—
120 „	10	10	10	—	—

In Süddeutschland (welches durchaus im natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte liegt) ist das Höhenwachstum im allgemeinen energischer und andauernder, als in Mittel- und Norddeutschland. Der Kulminationspunkt des jährlichen Höhenzuwachses wird von der Fichte erheblich später erreicht, als bei der Kiefer: auf der besten Standortsklasse im Alter von 35—40 Jahren, auf mittleren Standorten mit 50, und auf geringen mit 60—70 Jahren. Er tritt im allgemeinen in Süddeutschland etwas später ein als in Mittel- und Norddeutschland.

Das Dickenwachstum des Stammes, in der Jugend ebenfalls langsam zunehmend, ist an den herangewachsenen Fichten lange Zeit anhaltend und dem der Weisstanne ähnlich, jedoch im Alter etwas früher nachlassend als bei dieser. Die folgenden von Schwappach (a. a. O.) gegebenen Zahlen erläutern dies; es beträgt (in Süddeutschland)

im Alter von	der mittlere Stammdurchmesser in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
20 Jahren	7,0	—	—	—	—
25 „	9,0	5,7	—	—	—
30 „	11,1	7,4	5,5	—	—
35 „	13,3	9,1	6,5	4,9	—
40 „	15,6	10,9	7,7	6,1	4,5
45 „	18,0	12,7	9,1	7,3	5,4
50 „	20,4	14,6	10,6	8,6	6,4
55 „	22,7	16,5	12,2	9,9	7,5
60 „	24,8	18,5	13,9	11,3	8,7
65 „	26,8	20,5	15,7	12,8	9,9
70 „	28,7	22,6	17,5	14,4	11,2
75 „	30,6	24,8	19,4	16,0	12,6

im Alter von	der mittlere Stammdurchmesser in cm				
	bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse.
80 Jahren	32,5	26,9	21,3	17,7	14,1
85 „	34,3	28,8	23,1	19,4	15,6
90 „	36,0	30,5	24,9	21,1	17,0
95 „	37,6	32,0	26,6	22,6	18,3
100 „	39,1	33,3	28,1	23,9	19,5
105 „	40,4	34,5	29,4	25,0	—
110 „	41,6	35,7	30,5	26,0	—
115 „	42,7	36,8	31,5	—	—
120 „	43,7	37,8	32,5	—	—

Wie aus diesen Zahlen hervorgeht, beträgt die Breite der Jahresringe bei der I. Standortsklasse 1,0—2,4 mm, bei der II. 1,0—2,2 mm, bei der III. 1,0—1,9 mm, bei der IV. 1,0—1,7 mm, bei der V. 0,9—1,5 mm; es spricht sich also der Einfluss des Standortes im Verlaufe des Dickenwachstumes viel weniger scharf aus, als in dem des Höhenwuchses. In Übereinstimmung damit fand auch Honda (34) in den bayerischen Alpen, dass mit der zunehmenden Meereshöhe der Dickenzuwachs sich nicht in demselben Masse verringerte, wie der Höhenzuwachs; für diesen betrug, wenn man die Wachstumsenergie in einer Meereshöhe von 900—1050 m = 100 setzte, dieselbe bei 1050—1200 m = 66, bei 1200—1350 m = 26, bei 1350—1500 m = 16 (vergl. die ähnlichen Angaben für die Tanne, S. 92). Übrigens sind hinsichtlich der Jahrringbreite bei der Fichte grosse individuelle Verschiedenheiten zu beobachten.

Die Ausbildung des Jahresringes begann nach K. Mischke[1]) in einem genauer beschriebenen Einzelfall Mitte April und nahm zu, bis im Mai ein Maximum der Bildung von Tracheïden erreicht wurde, von Mitte Juni an fiel die Wachstumsintensität schnell und sank Anfang Juli auf 0 (vielleicht als Folge geringer vorausgegangener Niederschläge?). Mitte Juli hob sie sich wieder, erreichte im August ein zweites Maximum, welches das erste übertraf, und fiel dann rasch, um Anfang September still zu stehn. Der von Mischke beobachtete Stillstand des Dickenwachstums im Sommer wurde von D. Christison[2]) bestätigt; er führt denselben auf den Umstand zurück, dass das gleichzeitig erfolgende rapide Wachstum der neuen Triebe die Baustoffe zu sehr in Anspruch nehme. Nach N. J. C. Müller[3]) beginnt im Frühjahr der Dickenzuwachs des Holzkörpers zuerst im Stamm und endet dort im Spätjahr zuletzt; in den Hauptästen beginnt er später als in den Zweigen, endet früher als im Stamm und später wie im Zweig; letzterer beginnt seinen Zuwachs später als der Stamm und früher als die Äste erster Ordnung, schliesst ihn hingegen zuerst ab.

Der Holzkörper, dem bei der Höhe des Baumes und der Belastung des Stammes durch die mit immergrüner Belaubung versehenen Äste eine bedeutende mechanische Leistung obliegt, zeigt, abgesehen von dem unten zu besprechenden Auftreten von Rotholz, keine in der Farbe hervortretende Differenzierung, sondern besitzt einen Kern, sog. Reifholz, welcher dieselbe helle Farbe zeigt, wie das Splintholz, sich aber von diesem durch geringeren Wassergehalt und durch eine Vermehrung der Trockensubstanz unterscheidet[4]). Die Ausbildung des

[1]) Beobachtungen über das Dickenwachstum der Coniferen. — Bot. Centralblatt. Bd. 44. 1890. S. 39 ff.

[2]) Transactions of the R. Soc. of Edinburg. Vol. 29. 1891. p. 101—120.

[3]) Botanische Untersuchungen. IV. Untersuchungen über die Molekularkräfte im Baum. Heidelberg 1875.

[4]) R. Hartig, Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. Bd. 1. 1892. S. 209.

Splintholzes hängt vornehmlich von dem Wasserbedarf der Krone ab; die Zahl der Splintringe im Stamm beträgt am unteren Ende nach R. Hartig[1]) durchschnittlich 37 und nimmt nach oben gesetzmässig ab, anfangs schnell, dann langsamer, so dass da, wo der Kern nahe dem Gipfel aufhört, in der Regel noch 15 Splintringe vorhanden sind. Hartig schliesst aus diesem Befunde, dass die älteren Splintringe an der aufwärts gerichteten Wasserbewegung unter normalen Verhältnissen sich nicht beteiligen, sondern ein Wasserreservoir des Baumes für die Zeiten der Not darstellen. An 6 von demselben Forscher[2]) auf ihreu Wassergehalt untersuchten 65—80 Jahre alten Fichtenstämmen enthielt das Splintholz 55,7—68,9%, das Kernholz 23,7—39,9% Wasser, im gesamten Holz war am 9. Juli am meisten Wasser enthalten, von da bis Mitte Oktober sank der Wassergehalt allmählich, um im frostfreien Vorwinter ein zweites Maximum zu erreichen; in der Frostperiode sank der Wassergehalt bis Mitte März und stieg von da an so, dass er Mitte Mai dem Maximum sehr nahe stand. Das spez. Gewicht des Holzes im frischen Zustand beträgt im Mittel 0,76 mit Schwankungen von 0,40—1,07; die oberen Baumteile sind zu allen Jahreszeiten wasserreicher als die unteren.

Die Güte des Holzes wird insbesondere nach seinem spez. Trockengewicht beurteilt; dieses beträgt für die Fichtenstämme nach Hartig (25) 0,35—0,60, im Mittel 0,45, nach Schwappach (78) durchschnittlich 0,46 bei ganzen Stämmen im Alter von 100—120 Jahren. In verschiedenen Wachstumsgebieten zeigen sich hierin grosse Unterschiede: so fand Schwappach in den besten Fichtenstandorten ein spez. Trockengewicht von 0,50, in geringeren ein solches von 0,43. Das Holz in lichtem Stande erwachsener Bäume ist stets viel geringwertiger als das im Schlusse gewachsener, was jedenfalls mit der verschiedenen Ausbildung der Krone zusammenhängt; denn nach R. Hartig ist das Holzgewicht der Fichte um so grösser, je geringer die Transpiration der Krone ist. So wird es auch verständlich, dass mit dem Sinken des Höhen- und Dickenzuwachses in höheren Gebirgslagen eine beträchtliche Verbesserung der Holzqualität Hand in Hand geht. R. Hartig (25) fand z. B. an 25jährigen, in lichtem Stand in der Nähe von München bei 500 m Meereshöhe erwachsenen Fichten in 1,5 m Stammhöhe eine mittlere Jahrringbreite von 2,78 mm und ein spez. Trockengewicht von 0,412, dagegen bei einer Hochgebirgsfichte von 270 Jahren, in freiem Stand bei 1500 m Meereshöhe erwachsen, eine mittlere Jahrringbreite von 0,55—0,64 mm, aber ein spez. Trockengewicht von 0,476. In allen Altersperioden bilden die Stämme ein um so besseres Holz, je schwächer sie sind. In der Jugend bis zum 50. oder 60. Jahr zeigt der Stamm unten das schwerste Holz, mit Ausnahme des untersten Teiles, und eine gesetzmässige Abnahme nach oben bis zur Krone, in der die Schwere des Holzes wieder zunimmt. Am untersten Stammteil ersetzt Breite der Jahresringe den Mangel an Schwere. Im höheren Alter tritt an den Stämmen eine Zunahme des spez. Trockengewichtes ein[1]). Fichtenastholz hat das hohe spez. Trockengewicht von 0,721 (0,666 auf der oberen, 0,775 auf der unteren Seite), Wurzelholz nur ein solches von 0,418 (25).

Die Druckfestigkeit des Holzes ganzer Stämme von 100—120jährigem Alter beträgt nach Schwappach (71) für bessere Standorte durchschnittlich 460 kg pro qcm; sie steigert sich unter besonders günstigen Verhältnissen bis zu 510 kg und sinkt

---

[1]) Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. Bd. 1. 1892. S. 209.

[2]) Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München. II. Über die Verteilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Bäumen. Berlin 1882.

an geringen Standorten auf 410 kg pro qcm. L. Tetmajer[1]), welcher für schweizerisches Holz nur eine Druckfestigkeit von 283 kg pro qcm angibt, fand eine Zugfestigkeit des Fichtenholzes von 624 kg und eine Biegungsfestigkeit von 435 kg pro qcm. Das Tragvermögen der verholzten Zellhautsubstanz wurde von H. Schellenberg[2]) im Mittel auf 15,275 kg pro qmm festgestellt, d. h. es stimmte ungefähr mit dem des Lärchenholzes überein, übertraf dasjenige des Kiefernholzes, blieb aber hinter dem des Tannenholzes (29,392 kg pro qmm) sehr bedeutend zurück.

Natürlich stehen die mechanischen Eigenschaften des Holzes in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Anteil der festen Holzsubstanz am Aufbau der Jahrringe und des ganzen Holzkörpers. Nach den Untersuchungen von H. Bertog (4) besitzt der Jahrring junger Fichten sehr wenig Herbstholz, mit dem Alter nimmt dieses erheblich zu, obwohl es immer hinter den hohen Herbstholzprozenten des Tannenholzes zurückbleibt; von unten nach oben nimmt im Stamme das Herbstholz, wie bei Tanne und Kiefer, allmählich ab. Ausser dem Anteil des Herbstholzes am Jahrringe wird das spez. Trockengewicht des Holzes noch durch die Querschnittfläche der Tracheïden und das Verhältnis zwischen Lumen und Wandung bei diesen bedingt. Beide erleiden mit zunehmendem Alter der Bäume Veränderungen und zeigen auf verschiedenen Standorten gewisse Unterschiede: so hatten z. B. 120-jährige Fichtenstämme in ihrem 90. Jahresring in 10,9 m Höhe Frühjahrstracheïden von 0,00115 qmm, 0,00084 qmm, 0,00077 qmm und 0,00067 qmm Querschnittfläche bei einer entsprechenden Wanddicke von 0,0046 mm, 0,0044 mm, 0,0038 mm; ein und derselbe Stamm zeigte in verschiedenen Höhen von unten nach oben aufsteigend im 105. Jahrring

in Höhe von	Querschnittflächen der Frühjahrstracheïden
1,3 m	0,00095 qmm
4,5 „	0,00098 „
7,7 „	0,00100 „
10,9 „	0,00101 „
14,1 „	0,00109 „
17,3 „	0,00108 „
20,5 „	0,00099 „
23,7 „	0,00084 „
26,9 „	0,00048 „

Diese Verhältnisse, Anteil des Herbstholzes, Querschnittfläche und Wanddicke der Tracheïden können sich in mannigfachster Weise kombinieren. So ist die Abnahme des Holzgewichtes von unten nach oben bis zur Krone eine Folge der Abnahme des Herbstholzanteiles, einer Verringerung des Wandungsdurchmessers der Tracheïden im allgemeinen, und endlich des Umstandes, dass die Querschnittfläche der Tracheïden bis zu einer gewissen Höhe zu- und dann wieder langsam abnimmt. Das Wiederansteigen des Holzgewichtes in der Krone erklärt sich vor allem aus dem Kleinerwerden der Holzelemente. Das schnelle Ansteigen des Holzgewichtes bis zum 70. Lebensjahr erfolgt gleichzeitig mit der Zunahme des Herbstholzes und der Verdickung der Tracheïdenwandungen, trotz der Vergrösserung des Tracheïden-Querschnittes. Die Steigerung des Holzgewichtes in schwächeren Stämmen gegenüber den stärkeren rührt davon her, dass die Querschnittfläche der Tracheïden in ihnen sich weniger vergrössert. Das hohe spez.

[1]) Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. 2. Aufl. Zürich 1896.

[2]) Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Bd. 29. 1896. S. 242.

Trockengewicht des Astholzes hängt nach H. Fischer[1]) mit dem Überwiegen des Herbstholzes in allen Jahresringen, die Minderwertigkeit des Wurzelholzes mit dem Zurücktreten des Herbstholzes zusammen.

Abgesehen vom Herbstholz bildet sich unter Verhältnissen, wo an einen Baum aussergewöhnliche mechanische Anforderungen gemacht werden, eine zweite Art von Festigungsgewebe, das sog. Rotholz, aus. Es entsteht vornehmlich als Folge von Druckreiz, auch von geotropischem Reiz, z. B. an schief stehenden Stämmen auf der dem Boden zugewendeten Seite, an dem Winde preisgegebenen Bäumen auf der der herrschenden Windrichtung abgewendeten Seite, in den Ästen besonders auf der Unterseite wegen der grossen Last, welche die Äste bei verhältnismässig geringer Dicke zn tragen haben, ferner auch bei Verkrümmungen des Stammes oder der Äste, sowie bei der Ausbildung von Ersatzgipfeln an denjenigen Partien, wo durch die Krümmung besondere mechanische Leistungen erforderlich sind. Die Rotholzbildung kann einzelne oder mehrere Jahresringe, selbst den ganzen Stamm auf einer Seite einnehmen und ist meist mit einer Zunahme der Ringbreite verbunden. Solche Jahrringe enthalten nur sehr wenig helles Frühlingsholz und zeigen eine rotbraune Färbung. Das Rotholz ist von besonderer Härte und Sprödigkeit, an Wasser ärmer als das normale Holz, aber von einem viel höheren spez. Trockengewicht (0,7226). Die das Rotholz bildenden Tracheïden sind kürzer als im normalen Holz, auf dem Querschnitt kreisrund bis elliptisch, so dass häufig Intercellularräume zwischen ihnen entstehen, mit sehr dicken Wandungen und kleinen Höhlen versehen (10, 28, 29).

An der Oberseite der Zweige bildet sich wiederum eine andere Form von mechanischem Gewebe aus, welche R. Hartig (29) als Zugholz bezeichnet. Es entsteht unter dem Einfluss des unausgesetzten Zuges, den das Gewicht des Astes und der Benadelung auf das Cambium ausübt; seine Tracheïden sind sehr dickwandig und ihre tertiäre Membran ist spiralig gefaltet und ausserordentlich stark verholzt. Es besitzt die Eigenschaft in der Richtung der Längsachse nur sehr wenig (0,09%) zu schwinden und sich bei Quellung ein wenig (0,04%) zu verkürzen; das Rotholz dagegen schwindet in der Längsrichtung stark (1,287%) nnd verlängert sich bei der Quellung um 1,357%. So erklärt sich die auffallende Erscheinung, dass sich tote Fichtenäste beim Trocknen nach unten, beim Quellen nach oben umbiegen[2]).

Die als Reservestoffbehälter fungierenden Markstrahlen machen nach Bertog (4) 3—4% des ganzen Holzkörpers aus, sie enthalten im Winter und Frühjahr in ihren Zellen fettes Öl; die Fichte ist also, wie unsere übrigen Nadelhölzer, ein Fettbaum. Das Maximum der mittleren Anzahl der Markstrahlen (auf dem Tangentialschnitt) liegt nach H. Fischer[3]) im innersten Jahrringe, von hier nimmt die Zahl derselben nach aussen bis zu einem Minimum ab, welches sich lange Zeit konstant erhält. An einer 60jährigen Fichte fand Strasburger[4]) in den 24 jüngsten Jahrgängen lebende Markstrahlzellen, deren Zahl vom 12. Ringe an abnahm.

Die Menge der mineralischen Bestandteile des Stammholzes scheint nach dem Alter der Pflanzen und der Beschaffenheit des Standortes erhebliche Verschiedenheiten zu zeigen. So fand sich bei

[1]) Flora, Bd. 68. 1885. S. 263.

[2]) Diese hygroskopische Eigentümlichkeit wird z. B. in Berchtesgaden dazu benützt, um aus trocknen geschälten jungen Fichtenzweigen die Zeiger von „Wetterpropheten" herzustellen.

[3]) a. a. O.

[4]) E. Strasburger, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891.

	Reinasche %	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	Mn_3O_4	P_2O_5	SO_3	SiO_2
		in 100 Teilen Reinasche								
17jähr. Stämmen[1])	2,28	15,83	1,81	34,30	7,87	1,02	24.42	10,07	2,30	2,38
100jähr. Stämmen[2])	0,21	19,66	1,37	33,97	11,27	1.42	23,96	2,42	2,64	2,73

Im jugendlichen Zustand sind die Achsen grün gefärbt und von einer Epidermis bekleidet, welche mehrzellige einfache Haare und Harz absondernde Drüsenhare trägt, und durch Reihen oder Gruppen von dünnen sklerotischen Fasern verstärkt wird; ausserdem wird in den jüngsten Internodien eine breite, zart- und grosszellige Hypodermschicht angelegt. Die Tätigkeit des darunter um Mitte Juni sich ausbildenden Periderms schliesst im ersten Jahre mit der Produktion weniger Reihen dünnwandiger Korkzellen ab. Etwa mit dem 6. Jahre beginnt nach Mohl[3]) der äussere, abgestorbene Teil der Blattkissen in Form von Schuppen abzufallen und etwa im 20. Jahre tritt die Borkebildung ein. Die Korkplatten lassen im Stamm nur einen 3—4 mm dicken Mantel von lebender Rinde übrig, sie erreichen eine Grösse von mehreren qcm, ihr gegenseitiger Abstand beträgt an älteren Bäumen bis zu 3 mm. Sie sind häufig uneben, schichtenweise sklerotisch, flach muschelig, mit einer höckerigen Oberfläche, die von stellenweise angehäuften Steinzellen herrührt (53). Anfänglich ist die Borke, welche eine rötlichbraune oder rötlichgraue, bisweilen auch weisslichgraue Farbe zeigt, nur feinschuppig und von quer gezogenen Lentizellen durchsetzt, so dass sie fast glatt erscheint, erst mit dem 40. oder 50. Jahre beginnt vom Grunde des Stammes her die Ausbildung grober Schuppen, welche meistens eine rundliche Gestalt haben; an freistehenden Bäumen treten auch ansehnliche Längsfurchen auf. Die Borke wird selten über 1 cm dick (30); nach den Untersuchungen von Flury[4]) beträgt ihre durchschnittliche Dicke an Stämmen von einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm in der Höhe von 1,3 m 8 mm, in der Höhe von 31 m 5 mm. Bei der sog. lärchenrindigen Fichte, einer Spielart, ist die Borke lärchenähnlich und sehr dick; bei einer andern Spielart, der Zitzenfichte, sitzen kegelförmige Korkhöcker der Borke auf (66). Der prozentische Anteil der Rinde am Aufbau des Stammes vergrössert sich vom unteren Ende nach aufwärts so, dass er oben den 2—4fachen Wert gegen unten erreicht; an den von R. Hartig (26) untersuchten Stämmen betrug das mittlere Rindenprozent etwa 9, aber mit Schwankungen von 4,3 (am unteren Ende) bis zu 23,3 (am oberen Ende schwacher Stämme). Die Rinde ist durch ihren Tanningehalt ausgezeichnet, der von 5—15% der Trockensubstanz schwankt (8); in den Zweigen nimmt er mit deren Alter allmählich ab, indem er nach Smirnow von 3,62% in 1jährigen Zweigen auf 3,00% in 6jährigen sinkt.[5]) — (K.)

Aus den zahlreichen Untersuchungen über die Harzproduktion der Fichte[6]) soll hier das in ökologischer Hinsicht wichtigste hervorgehoben werden.

[1]) E. Hoppe im Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 26. 1900. S. 49.

[2]) E. Ebermayer, Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882. S. 738. — Mittel aus 9 Analysen.

[3]) Botanische Zeitung. Bd. 17. 1859. S. 338.

[4]) Mitteilungen der schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 5. 1897. S. 191.

[5]) Botan. Jahresbericht. Bd. 8. Abt 2. 1880. S. 781.

[6]) Hauptsächlichste neuere Literatur über das Harz der Fichte:

Mayr, H. Entstehung u. Verteilung der Sekretions-Organe der Fichte u. Lärche. Botan. Centralblatt. Bd. 20. 1884.

Mer, E. De la formation du bois gras dans le sapin et l'épicéa. Comptes rend. de l'acad. des sc. 1887. S. 527.

Vorausgeschickt sei, dass sich bei der Fichte das Harz stets aus parenchymatischen Zellen bildet, entweder im Innern derselben, oder an ihrer Oberfläche aus einer „resinogenen Schicht" der Membran.[1]) Wo prosenchymatische Elemente (Tracheïden) in Wand oder Inhalt harzhaltig sind (Verkienung), stammt das Harz stets anderswoher. Das Fichtenharz findet sich in folgenden Organen abgelagert:

A. Normale Harzbehälter (mit „physiologischem Sekret" nach Tschirch): Harzhaare, Harzzellen, Harzgänge, Harzlücken.

B. Pathologische, infolge von Verwundung auftretende Harzbehälter (also mit „pathologischem Sekret"): Harzgallen, Harzrisse; auch Harzgänge können auf Wundreiz hin als pathologische Bildungen entstehen.

Die normalen Harzbehälter sind schizogene protogene Intercellularräume, nur in den Zapfenschuppen findet sich nach Hanausek[2]) das Harz in lysigenen Lücken. Die pathologischen Harzbildungen (Harzgallen) entstehen nach Tschirch u. a. lysigen.

Die Harzhaare (Terpentin- oder Harzdrüsenhaare) finden sich nur an den einjährigen Trieben auf den Blattkissen neben zahlreichen einfachen Haaren; in ihrer grossen, köpfchenförmigen Endzelle wird Harz unter der Cuticula ausgeschieden, welche sich blasenförmig emporwölbt und schliesslich platzt.

Als Harzzellen oder Harzschläuche erscheinen alle Markstrahl- und Holz-

---

Couwentz, H. Monographie der baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890.

Mayr, H. S. Lit.-Verz. Nr. 46.

Anderson, A. P. Über abnorme Bildung von Harzbehältern und andere zugleich auftretende anatomische Veränderungen im Holz erkrankter Coniferen. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. Bd. 5. 1896. S. 439.

Nottberg, P. Experimentale Untersuchungen über die Entstehung der Harzgallen und verwandter Gebilde bei unsern Abietineen. Dissert. Bern 1897.

Brüning, E. Über die Harzbalsame von *Abies canadensis*, *Picea vulgaris* und *Pinus Pinaster*. Dissert. Bern 1900.

Tschirch, A. Die Harze und die Harzbehälter. Leipzig 1900.

Faber, E. Experimental-Untersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei den Abietineen. Dissert. Bern 1901.

Koch, M. Über das Harz von *Dammara orientalis* und über die siebenbürgische *Resina Pini* von *Picea vulgaris*. Dissert. Jena 1902.

[1]) Tschirch, welcher durch seine umfassenden Arbeiten zu der Überzeugung gekommen ist, dass das Harz niemals mit Wasser imbibierte Membranen passiert, lässt das Harz in einer quellbaren „resinogenen Schicht" entstehen, die der Zellwand entweder innen oder aussen anliegt. Im ersteren Fall (beim Wundparenchym) lässt er es ausdrücklich unentschieden, ob diese Schicht der Wand oder dem Plasma angehört; im letzteren Fall, der beim Epithel der Harzgänge eintritt, hält er die Plasmanatur der den Intercellulargang auskleidenden Schicht für unwahrscheinlich. Durch die neuen Untersuchungen von L. Kny (Berichte der Deutschen Botan. Ges. Bd. 22. 1904. S. 29), welcher intercellulares Protoplasma in den Kotyledonen gewisser Leguminosen unwiderleglich nachwies, scheint mir die Frage nach der Natur der resinogenen Schicht in ein neues Stadium getreten zu sein. Während in Übereinstimmung mit Tschirch zahlreiche Forscher (Sanio, de Bary, Mayr, Franchimont, A. Meyer) innerhalb der Sekretionszellen nie Harztropfen beobachtet haben, gibt Frau E. Schwabach an, dass innerhalb der sezernierenden Zellen in den Harzgängen der Coniferennadeln Harztropfen nachzuweisen seien. (Berichte der Deutschen Botan. Ges. Bd. 17. 1899. S. 291, und Bd. 18. 1900. S. 417. Vergl. daselbst Bd. 19. 1901. S. 25.)

[2]) Über die Harzgänge in den Zapfenschuppen einiger Coniferen. 16. Jahresber. der Landesoberrealschule in Krems 1879.

parenchym-Zellen und alle Querparenchym-Zellen der Rinde. Hier wird das Harz im Innern der Zelle erzeugt und bleibt in derselben, besonders bei der Verkernung. In einem bestimmten Fall fand H. Mayr, dass auf 100 qmm Tangentialfläche 4,396 qmm harzführende Parenchymzellen (mehr als bei der Kiefer, weniger als bei der Tanne) kamen; sie waren in 32 Markstrahlen von je 7 Zellen Höhe enthalten. Die trachealen Elemente des Holzes sind im normalen Zustande stets harzfrei.

Die Harzgänge entstehen durch Auseinanderweichen von Zellen jugendlicher Gewebe und enthalten das Harz in der Lücke zwischen den auseinandergewichenen Zellen; sie finden sich in allen Organen der Fichte, in Wurzeln (mit Ausnahme der allerfeinsten), Stamm, Nadeln, Knospenschuppen, Achsen der männlichen Blüten, Zapfen und Samen.

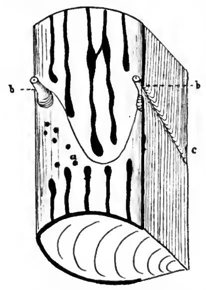


Fig. 60. *Picea excelsa.*
Verhalten der Rindenharzgänge an der Grenze zweier Jahrestriebe: es besteht keine Verbindung zwischen denselben. a—c die wirkliche, b—b die scheinbare Jahrestriebgrenze. 10:1. (Nach Mayr.)

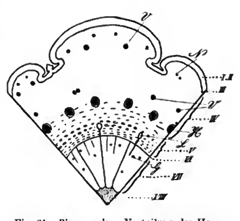


Fig. 61. *Picea excelsa.* Verteilung der Harzgänge auf dem Querschnitt eines einjährigen Zweiges.
I. II Epidermis mit Hypoderm, III Kork, IV Primäre Rinde, V Phloëm, VI Cambium, VII Holz, VIII Mark, H Hauptrindengänge (in der primären Rinde), V Verbindungsgänge, N Nebengänge, L Harzlücken im Phloëm (als Endigungen eines horizontalen Markstrahlen-Harzganges), G Harzgänge im Holz. 10:1. (Nach Mayr).

In der Wurzel beginnt die Xylembildung am Umfange des diarchen oder triarchen Gefässbündels; jeder dieser Xylemstränge enthält einen vertikalen Harzgang, der mit den andern durch quere Anastomosen verbunden ist und zahlreiche Horizontalgänge hervorbringt. Nur die weisse Wurzelspitze und die allerfeinsten Würzelchen entbehren des Harzes.

Im oberirdischen Achsengerüst sind zwei von einander völlig unabhängige Systeme von Harzgängen vorhanden, eines in der primären Rinde und eines im Holze und Baste.

Die Harzgänge der Rinde sind ausnahmslos Vertikalgänge, die durch Verzweigung innerhalb eines Jahrestriebes zusammenhängen, aber mit den Harzsystemen des älteren oder jüngeren Jahrestriebes nicht in Verbindung stehen (Fig. 60).

Ihre Entstehung fällt in die Jugend des Triebes, wo sie unmittelbar unter der Vegetationsspitze angelegt werden, sich, mit dieser Schritt haltend, stets nach oben verlängern und im Herbst in blinde Endigungen auslaufen. H. Mayr unterscheidet Hauptrindengänge, Verbindungsgänge und Nebengänge, deren gegesetzmässige Anordnung in Fig. 61 dargestellt ist; man findet auf dem Querschnitt eines kräftigen einjährigen Triebes im primären inneren Rindengewebe bis über 100 Harzgänge, deren ursprünglich regelmässige Anordnung beim fortschreitenden Dickenwachstum gestört wird. Der Querschnitt der Hauptrindengänge ist vom 2. Jahre an eine tangential breitgezogene Ellipse, deren kleinerer Durchmesser 0,5 mm, der grössere höchstens 4 mm beträgt. Sie endigen oben und unten blind, entstehen in der Zahl von 8—26 und anastomosieren unter einander; an ihren Verzweigungsstellen finden sich taschenartige Erweiterungen (Fig. 62). Der Inhalt der Rindenharzgänge besteht zunächst aus klarem dünnflüssigem Balsam, aber schon im 4jährigen Trieb zeigt die Mehrzahl der Hauptrindengänge zum Teil einen harten braunen Inhalt, zum andern Teil eine Ausfüllung mit weissem thyllenartigem Gewebe, welches von den Epithelzellen des Ganges abstammt.

Durch die Kork- und Borkebildungen werden die Rindengänge allmählich herausgeschnitten und ausser Funktion gesetzt, ihrem Tode geht immer eine Thyllenbildung voraus, welche das Harz nach der lebend bleibenden Partie verdrängt, den Kanal schliesst und ein Ausfliessen von Harz beim Abfallen der Borkeschuppen verhindert. Schon um Mitte Juni des ersten Jahres werden die Verbindungs- und Nebengänge im Blattkissen durch das Periderm abgeschnitten, dann erfolgt die tiefer greifende Borkebildung, welche schliesslich auch die Hauptgänge erfasst. Der Zeitpunkt, an welchem diese Borkebildung beginnt, ist je nach den äusseren Bedingungen sehr verschieden: je sonniger und freier der Standort, desto früher geht sie vor sich, da sie ja ein Schutzmittel gegen zu starke Transpiration ist. In einem etwa 70jährigen, am Waldessaum stehenden Baume beginnt ungefähr vom 13. Jahrestrieb an (von oben gerechnet) die Zahl der lebenden Harzkanäle in der Rinde infolge ihres Eingehens in die Borkebildung abzunehmen, und von hier aus sinkt ihre Zahl nach unten stetig, auf der Südseite schneller als auf der Nordseite. Im 60. Jahrestrieb (von oben) ist keine primäre Rinde mehr vorhanden und fehlen also auch alle Vertikalgänge; ebenso fehlen sie von dieser Gegend an stammabwärts bis zu der Wurzelspitze.



Fig. 62. *Picea excelsa.* Zweig, an dem durch Entfernen der äussersten Rindenschicht die Harzgänge der primären Rinde freigelegt sind.
Man sieht die Erweiterungen an den Verzweigungsstellen und im Verlauf der Kanäle. (Nach E. Faber.)

Ganz unabhängig von den Rindengängen verläuft das System der Harzbehälter in Holz und Bast. Dieses ist durchaus ein Produkt des Cambiums und entsteht bei der ersten Differenzierung der sekundären Holz- und Bastelemente; die Ausbildung der Kanäle erreicht hier ihren Abschluss mit der Fertigstellung des Jahrringes. Dieses Kanalsystem setzt sich aus Vertikal- und Horizontalgängen zusammen, erstere nur im Holz verlaufend, letztere in den Markstrahlen und mit ihnen in den Bast hinaustretend. Die sekundäre Rinde enthält also nur Horizontalgänge; ihre blinden Endigungen schwellen oft blasenartig an und bilden dann „Harzlücken“, niemals aber tritt eine Verbindung zwischen Holz- und Rindengängen ein. Die Vertikalgänge des Holzes haben

eine beschränkte Länge, im unteren Stammteil älterer Fichten eine solche von ca. 70 cm, im oberen von 40 cm, 1 m lang werden sie wohl nie; sie endigen entweder blind, oder legen sich an Nachbarkanäle an, bilden aber niemals die Fortsetzung von Gängen eines anderen Jahrringes. Trotzdem kommunizieren die Holzgänge durch die Horizontalkanäle miteinander; diese entspringen immer von einem Vertikalgang des Holzes derart, dass durchschnittlich ein solcher auf je 1 cm seiner Höhe vier Horizontalgänge erzeugt, und wo dieselben einen andern Vertikalgang kreuzen, treten sie mit ihm in Verbindung. Im Durchschnitt kann man auf die Gesamtlänge eines Vertikalganges ca. 30 Verbindungen rechnen.

Folgende, den Arbeiten von H. Mayr entnommene Beispiele sind geeignet, eine genauere Vorstellung von der Zahl und Verteilungsweise der Harzgänge in Holz und sekundärer Rinde zu vermitteln. Die Anzahl der Vertikalgänge auf dem Querschnitt einer 10jährigen Fichte betrug 804, bei einer 90jährigen Fichte in der Mitte ihrer Stammhöhe ca. 41000. Von den Horizontalgängen im Holz kommen auf 1 qcm tangentialer Oberfläche im Erdstamm 58—68, im astlosen Schaft 51—57, im Kronenstamm 70—78, in der Wurzel 122; die Gesamtzahl der Horizontalgänge, die allein im Schaft einer 90jährigen Fichte vom Holz in den Bast übertreten, berechnete sich bei einer Stammoberfläche von 22,687 qm auf 14105500. Die durchschnittliche Weite der Vertikal- und Horizontalgänge ist bei der Fichte geringer als bei den übrigen verglichenen Nadelhölzern: wenn man die Weite eines Vertikalganges der Weymouthskiefer = 10 setzt, so beträgt sie bei der gem. Kiefer 9, bei der Arve 8, bei der Bergkiefer 7, bei der Fichte 6; die Weite eines Horizontalganges ist, damit verglichen, bei der Weymouthskiefer = 4, der gem. Kiefer = 3,5, der Fichte = 3.

Nur im Splint führen die Harzgänge flüssigen Balsam, mit dem Übergang in Kernholz werden sie durch Thyllenbildung verschlossen und ausser Tätigkeit gesetzt. Deshalb sieht man an einem frisch abgesägten Stumpf nur im Umfange einen ein bis mehrere cm breiten, dem Splint entsprechenden Streifen mit herausgequollenem Harz bedeckt, während der innere Zylinder harzfrei ist.

Über den absoluten Gehalt des Fichtenholzes an festem Harz geben folgende Zahlen Auskunft, welche sich auf eine von H. Mayr untersuchte 100jährige Fichte von Grafrath bei München beziehen. In 1 kg des absolut trockenen Holzes enthielten:

der Erdstamm . .	16,4 g festes Harz	von	0,409 spez. Gew.
der astlose Schaft .	16,01 „ „ „	„	0,412 „ „
der Kronenstamm .	16,3 „ „ „	„	0,477 „ „
lebende Äste . .	58,09 „ „ „	„	0,562 „ „
Wurzeln	98,57 „ „ „	„	0,384 „ „

Wurzel- und Astholz zeigte im Kern einen bedeutend grösseren Harzgehalt, als im Splint; im Stammholz dagegen war der Splint reicher an Harz (19,45 g) als der Kern (14,98 g), indessen vermutet Mayr, dass diese Zahlen auf einem Fehler beruhen, der durch die Anwesenheit irgend eines verunreinigenden Körpers, welcher beim Auflösen des Harzes mit in Lösung ging, veranlasst wurde.

Die pathologischen Harzvorkommnisse sind: Harzreiches Wundparenchym (Fig. 63), Harzgallen, Harzflüsse und Verkienung. Ganz allgemein wird bei Verletzungen vom Cambium Wundparenchym gebildet, auch auf Frostwirkung reagiert das Cambium mit harzreichem Wundparenchym (sog. innere Überwallung). Als Harzgallen [1] bezeichnet man grosse (taler- bis handgrosse, bis $^1/_2$ cm dicke) Lücken im Holz der Coniferen, die mit Harz erfüllt sind. Sie entstehen nach

[1] Vgl. L. Dippel in Botan. Zeitung. Bd. 21. 1863. S. 254; C. Ratzeburg, Die Waldverderbnis. Bd. 2. 1868. S. 4; besonders Conwentz, Tschirch und Nottberg a. a. O.

Tschirch und Nottberg stets infolge einer Verwundung als Reaktion auf den Wundreiz[1]). Dabei bildet das Cambium zuerst ein Wundparenchym, dann ein Tracheïdenparenchym (Mittelform zwischen Parenchym und Tracheïden), und diese Parenchyme erzeugen das Harz anfänglich im Zellinnern; zuletzt werden auch die Wände zerstört, ob sie in Harz verwandelt werden, lässt Tschirch unentschieden. Schliesslich bleibt nur noch eine Hülle von intaktem Wundparenchym übrig, welche das Harz umschliesst. Auch in dem rings um die Galle gebildeten Wundholz werden Harzgänge in stark vermehrter Anzahl angelegt.

Unter Harzfluss (Resinosis) versteht man das Austreten von Harz infolge von Verwundungen. Tschirch unterscheidet primären Harzfluss, aus den schon vorhandenen normalen Harzbehältern stammend, die ja infolge ihrer Kommunikation beträchtliche Harzmengen liefern können, und sekundären Harzfluss, aus nachträglich infolge des Wundreizes angelegten Behältern hervorgehend. Dieser „Wundbalsam" stammt ausschliesslich aus den in enormer Zahl entstehenden pathologischen Harzkanälen des nach der Verwundung neu gebildeten Holzes; die Rinde beteiligt sich an seiner Bildung in keiner Weise. Die pathologischen Kanäle (Fig. 63) entstehen schizogen, anastomosieren in tangentialer Richtung miteinander und münden offen in die Wunde aus. Sie bilden sich, soweit der Wundreiz reicht, im Mittel bis 6 cm oberhalb, bis $2^1/_2$ cm unterhalb der Wunde, in einzelnen Fällen mehr als doppelt so weit; sobald die Wunde geheilt ist, hört ihre Ausbildung auf. Im Wundholz der Fichte fand Vöchting[2]) 7mal so viel Harzgänge als im normalen Holz; Ratzeburg[3]) nennt solche dicht gedrängte Kanäle „Harzketten".

Fig. 63. *Picea excelsa.* Pathologische Harzkanäle aus dem Wundholz eines Zweiges im Tangentialschnitt, schematisiert.

Die schwarzen Flächen sind die anastomosierenden Harzkanäle, dazwischen die Markstrahlen. 50 : 1. (Nach Faber.)

Die Zusammensetzung des Fichtenharzes ist wechselnd. Brüning untersuchte den „Juraterpentin", d. h. das aus dem Stamm der Fichte gewonnene Handelsprodukt, welches aus Einschnitten hervortritt und mit Wasser geknetet wird. In dem durch Auflösen in Äther von den zahlreichen Verunreinigungen befreiten Terpentin fanden sich:

a) Freie Harzsäuren, nämlich 2—3 % Picea-Pimarinsäure ($C_{13}H_{20}O_2$), 1,5—2 % Picea-Pimarsäure ($C_{20}H_{30}O_2$), 48—50 % α- und β-Picea-Pimarolsäure ($C_{25}H_{44}O_2$).

b) Resene, nämlich 10—12 % Juroresen ($C_{21}H_{36}O$).

c) 32—33 % eines ätherischen Öles, das nach Bertram und Waldbaur[4]) l-Pinen, ferner l-Phellandren und Dipenten, in den höher siedenden Anteilen Bornylacetat und Cadinen enthält.

[1]) Nach H. Mayr (a. a. O.) entstehen dagegen die Harzgallen durch Einpressen von Harz aus den Horizontalgängen in die Cambiumschichten, welche dadurch gleichsam gespalten werden. Das Harz tötet die umflossenen Zellen und wird schliesslich durch Umhüllung mit Wundparenchym unschädlich gemacht.

[2]) H. Vöchting, Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892. S. 139 f.

[3]) A. a. O. Bd. 1. S. 90.

[4]) Zitiert von Gildemeister und Hoffmann, Die ätherischen Öle. Berlin 1899. S. 336.

d) 1—2 % Bitterstoff, Bernsteinsäure, Farbstoff, verunreinigende Substanzen und Wasser.

M. Koch fand in siebenbürgischem käuflichem Fichtenharz etwas andere Prozentzahlen und etwas andere Formeln für die freien Harzsäuren und das Resen.

Die Verkienung, d. h. die abnorme Durchtränkung des Holzes mit Harz, wobei über 150 g festes Harz in 1 kg absolut trockenen Holzes vorkommen können, ist bei der Fichte seltener und weniger kräftig, als bei der Kiefer. Sie wird bedingt durch das Absterben der Zellen, deren Wände austrocknen und dadurch für das Harz permeabel werden; durch das Aufhören des Turgors entsteht eine Stelle geringen Widerstandes, nach welcher hin das Harz von den lebenden turgeszenten Zellen gepresst wird (H. Mayr a. a. O.).

Über die ökologische Bedeutung des Harzes für die Fichte gehen die Ansichten sehr auseinander. Auf der einen Seite erklärt H. Mayr (46) das Harz für ein nutzloses Nebenprodukt des Stoffwechsels, das weder für die Ernährung noch für die Fortpflanzung irgend eine Bedeutung mehr habe, und darüber, dass es im Stoffwechsel keine weitere Rolle spielt, also ein echtes Sekret ist, herrscht allgemeine Übereinstimmung. Andererseits aber wird geltend gemacht, dass das Harz von mehrfachem Nutzen für den Baum ist, und zwar nach folgenden Richtungen.

Das feste Harz erhöht die Dauer und Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen klimatische und parasitäre Angriffe, letzteres freilich nur in beschränktem Masse, da ja der übrige, von Pilzen etc. angreifbare Teil der Holzmasse bei weitem überwiegt.

Die Verkienung entsteht immer infolge von Verwundungen und ist als Schutzholzbildung[1]) zu bezeichnen. Auch ist eine Beobachtung von Nottberg (a. a. O.) bemerkenswert, wonach bei Verwundung eines Fichtenzweiges meistens der von der Wunde abgekehrte Teil des Zweiges verkient, was vielleicht die Bedeutung hat, alles Wasser der Verwundungsstelle zuzuleiten, um den Heilungsprozess zu unterstützen.

Das flüssige Harz ist ein Wundbalsam, der die frische Wundfläche überzieht und sie vor Fäulnis und Parasitenangriffen schützt; freilich auch nur in unvollkommener Weise, denn manche Pilze (*Nectria*, *Pestalozzia*) wachsen sehr gut im Harzbalsam, und gewisse Wicklerraupen brauchen geradezu das Harz zum Bau ihrer Gehäuse. Diese Rolle des Harzes bei einem vorläufigen Wundverschluss ist auch bei Angriffen von Schmarotzern deutlich ersichtlich. So bilden sich nach dem Frass des Fichtenrindenwicklers (*Tortrix dorsana* Hb.) in den Überwallungsschichten viele Harzkanäle, ebenso in den durch Nonnenfrass beschädigten Fichtenzweigen und an den von *Agaricus melleus* Vahl. und *Polyporus annosus* Fr. befallenen Bäumen (Harzsticken). Der harzerzeugende Wundreiz erstreckt sich nach Anderson (a. a. O.) sogar so weit, dass oberhalb der infizierten Stelle im ganzen Stamm die Harzkanäle vermehrt werden. Dass jedoch durch die vermehrte Harzproduktion dem Weiterwachsen des Pilzes Einhalt getan würde, die Verharzung sich also als Schutzmittel gegen den Pilz erwiese, das ist bei der Fichte nie beobachtet worden; wohl aber erwähnt Frank[2]) von der harzreicheren Kiefer, dass durch starke Verkienung des Holzes dem Vordringen des *Polyporus* im Stamme Halt geboten werde.

Wegen seiner Klebrigkeit und seines Gehaltes an Bitterstoff ist das Harz ein Schutzmittel gegen Tierfrass. Der Bitterstoff erfüllt die dafür neuerdings

---

[1]) B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl. Bd. 1. 1895. S. 41.

[2]) A. a. O. Bd. 2. S. 223.

von Stahl[1]) aufgestellte Bedingung, im Speichel löslich zu sein. Gegen welche Tiere aber das Harz schützt, ist nicht nachgewiesen; gegen Schnecken, die ja höchstens der Keimpflanze gefährlich werden könnten, kaum, denn die oberirdischen Teile des Keimlinges sind harzfrei. Nach Stahl (178) sind die Keimpflanzen allerdings gegen Schneckenfrass geschützt, doch gibt er nicht an, wodurch (Gerbstoff?). Sicher ist, dass das Harz der Fichte gegen zahllose tierische und pflanzliche Feinde keinen ausreichenden Schutz gewährt, denn besonders in der Insektenwelt ist die Zahl der in Rinde und Holz, sowie an den Nadeln fressenden Feinde Legion. Ausserdem schädigt das Rotwild den Baum durch Verbeissen, Ziegen fressen die harzreichen jungen Triebe, und Hirsche schälen die harzreiche Rinde ab, um sie zu verzehren, verursachen auch, ebenso wie Rehe, durch Fegen umfangreiche Verwundungen. — (Sch.)

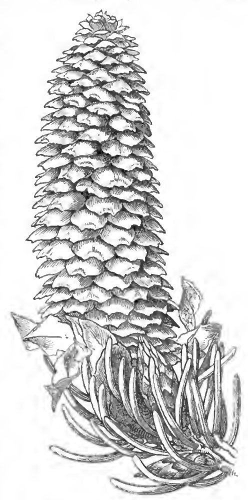


Fig. 64. *Picea excelsa.* Weibliche Blüte. 2 : 1. (Orig. Votteler.)

Die Fichte wird in der Regel im 30.—40. Lebensjahr blühbar, auf sehr magerem sonnigem Boden oft schon mit dem 15. Jahr, doch tritt eine reichliche Samenproduktion erst vom 50., in dichtem Schluss vom 70. Jahre ab ein; junge und überjährige Exemplare bringen nur weibliche Blüten[2]), die von ersteren produzierten Samen sind gewöhnlich taub (224). Im mittleren und höheren Alter tragen die Bäume alle 3—4 Jahre reichlich Samen. Als Resultat 20jähriger statistischer Erhebungen über die Ernteergebnisse der Fichte in Preussen stellte Schwappach[3]) folgendes fest: Die Jahre mit sehr guten bezw. sehr geringen Ernten wechselten fast regelmässig ab, und alle 3 Jahre wird im Durchschnitt das einer vollen Ernte entsprechende Samenquantum erzeugt; wie bei der

[1]) E. Stahl, Die Schutzmittel der Flechten gegen Tierfrass. Festschrift zum 70. Geburtstag von Ernst Haeckel. Jena 1904. S. 371.

[2]) Botan. Jahresbericht Bd. 14, Abt. 2. 1886. S. 411.

[3]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Bd. 27. 1895. S. 147.

Kiefer verkürzt sich diese Periode unter sehr günstigen Umständen auf 2 Jahre und erhöht sich unter sehr ungünstigen auf 4 Jahre. Während Schwappach als durchnittlichen jährlichen Samenertrag 37 % einer vollen guten Samenernte feststellte, fand Wimmenauer[1]) bei einer etwas anderen Berechnungsweise 45 % als Durchschnitt. An der oberen Höhengrenze tritt nur selten Samenreife ein[2]).

Wie die Weisstanne, so ist auch die Fichte einhäusig und anemogam; sehr selten sind ganz männliche Exemplare[3]) und Zwitterblüten, diese meist mit an der Basis, doch auch mit an der Spitze der Blüten stehenden Staubblättern[4]), beobachtet worden. Die Blütezeit fällt meistens in den Mai (Giessen durchschnittlich 6. Mai; Eberswalde nach 20jährigen Beobachtungen vom 2.—27., durchschnittlich 13. Mai), im Süden Ende April, im Norden und in höheren Gebirgen in den Juni; im allgemeinen blüht die Fichte 1—2 Wochen früher als die Kiefer.

Die weiblichen Blüten treten, obwohl nicht in einer so ausgesprochenen Weise wie bei der Tanne, an den Zweigen des Gipfels auf (namentlich bei der grünzapfigen Abart steigen sie weit herab), zeigen sich im Sommer als braune Knospen an den Enden der Jahrestriebe und sind im nächsten Frühjahr entwickelt. Sie stehen aufrecht (Fig. 64), sind ca. 6 cm lang, 2 cm dick, zylindrisch, von einer schön purpurroten Farbe, die wohl als Schutzmittel gegen niedere

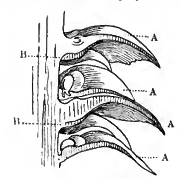


Fig. 65. *Picea excelsa.*
Stück eines Längsschnittes durch die weibliche Blüte.
A Fruchtschuppen mit Samenanlagen, B Deckschuppen. 6 : 1. (Orig. K.)

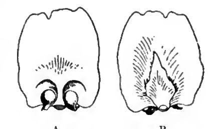


Fig. 66. *Picea excelsa.*
A Fruchtschuppe von der Oberseite, mit den beiden Samenanlagen an ihrem Grunde; B dieselbe von der Unterseite mit der viel kleineren Deckschuppe. 6 : 1. (Orig. K.)

Temperaturen und als Beförderungsmittel der Stoffwechsel- und Wachstumsprozesse bei der Befruchtung durch Begünstigung der Wärmeabsorption zu deuten ist (180). An einem in der Nähe von Hohenheim stehenden Baume beobachtete ich, dass alle seine weiblichen Blüten eine hellgrüne Farbe, wie die der Tanne, zeigten. Nach aussen treten die etwas abwärts gebogenen Enden der dünnen, ovalen, abgestutzten Fruchtschuppen hervor, welche an ihrem aufsteigenden Grunde die beiden mit einem 2lappigen Mikropylenfortsatz versehenen Samenanlagen tragen, die ihre Mikropyle nach unten wenden (Fig. 65 und 66). Die

[1]) Die Hauptergebnisse zehnjähriger, forstlich-phänologischer Beobachtungen in Deutschland 1885—1894. Berlin 1897. — Die Beobachtungen erstrecken sich auf 242 Stationen; Bayern fehlt.

[2]) Centralblatt f. d. ges. Forstwesen. Bd. 6. 1884. S. 281.

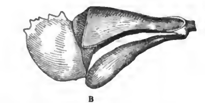
[3]) O. Sendtner, Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. München 1854. S. 528.

[4]) Th. Bail in Verhandl. d. Naturf. Gesellsch. Danzig. N. F., Bd. 2. 1869. — C. v. Keissler in Österr. Botan. Zeitschrift. Bd. 49. 1899, Nr. 8.

schmalen spitzen, am Rande gezähnten Deckschuppen (Fig. 66 B) haben zur Blütezeit nur etwa die halbe Länge der Fruchtschuppen, vergrössern sich nach der Blüte kaum, lassen sich aber am reifen Zapfen als kleine zungenförmige Schüppchen am Grunde der Fruchtschuppen leicht erkennen.

Die männlichen Blüten (Fig. 67 A) erscheinen als rote, Erdbeeren ähnliche Knospen meistens auf den Flanken vorjähriger Zweige an den herabhängenden





A B

Fig. 67. *Picea excelsa.*
A Männliche Blüte, 2:1. (Orig. Vollele r). B Ein Staubblatt an der Unterseite mit den beiden entleerten Pollensäcken, 15:1. (Orig. K.)

Ästen zwischen den Nadeln, seltener als Endknospen von Seitenzweigen; sie sind anfänglich horizontal oder schräg nach abwärts gerichtet, krümmen sich aber beim Aufblühen, währenddem sich die Blütenaxe fast auf das doppelte der anfänglichen Länge streckt und die Antheren infolgedessen auseinanderrücken, aufrecht oder schräg aufwärts (23). Im ausgewachsenen Zustand zeigen sie eine rotgelbe Farbe, ihre Antheren (Fig. 67 B) besitzen purpurrote, am Rande gezähnte Connectivkämme, welche fast rechtwinklig aufwärts gebogen sind, ihre beiden nach abwärts gerichteten Pollensäcke öffnen sich mit je einem Längsspalt, der aber schief zur Medianebene der Staubblätter verläuft (23), und der gelbe mehlige Pollen fällt leicht heraus, um entweder sogleich oder nach zeitweiser Ablagerung auf dem Rücken tiefer stehender Staubblätter vom Winde fortgetragen zu werden. Die Pollenkörner besitzen, wie die der Tanne, zwei Luftblasen und sind auch ungefähr von derselben Grösse. Noch häufiger als der Tannenpollen veranlassen sie die Erscheinungen des Schwefelregens und der Seeblüte (Fig. 68) und geben dabei nicht selten einen Beweis für ihre Transportfähigkeit durch den Wind: so wurde z. B. in der Umgebung von München i. J. 1886 ein Schwefelregen von Fichtenpollen beobachtet, der mindestens 8 km weit vom Winde fortgetragen sein musste (**84**). Einige wenige Käfer wurden als Besucher der (männlichen?) Fichtenblüten beobachtet (**102**).

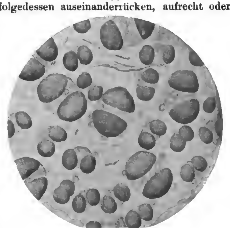


Fig. 68. *Picea excelsa*
Seeblüte vom Bodensee, aus Pollen der Fichte (die grossen Pollenkörner) und der Kiefer gebildet. 130:1. (Aus: Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. Zürich 1904. Gez. v. Boltshauser).

Die Bestäubung erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei der Tanne, nur dass die Fruchtschuppen wie bei der Gattung *Pinus* die Leitung des hinabrollenden Pollens zu den Samenanlagen übernehmen (73, 74). Da männliche und weibliche Blüten eines Baumes in der Regel gleichzeitig geschlechtsreif zu sein scheinen, so kann, trotzdem die weiblichen Blüten meistens höher stehen, autogenetische Bestäubung wohl eintreten, doch scheint sie von sehr geringer Fruchtbarkeit gefolgt zu sein; wenigstens beobachtete Borggreve[1]), dass eine isoliert stehende Fichte fast nur taube Samen hervorbrachte. Er deutet diese Tatsache allerdings als Folge einer starken Metandrie, welche er an diesem Exemplar und auch sonst an den Fichten bemerkt haben will. Nach der Bestäubung senken sich

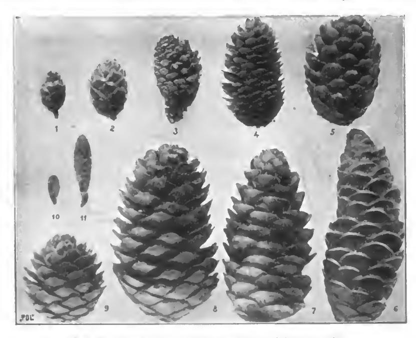


Fig. 69. *Picea excelsa.* Kümmerzapfen und Zwergzapfen.

1—5 Kümmerzapfen: 1, 2 mit tauben Samen, aber normalen, sich ablösenden Flügeln (Livland), 3 mit tauben Samen und unausgebildeten, sich nicht lösenden Flügeln (Schweiz). 6—9 Zwergzapfen mit guten Samen, 6 von var. obovata Ledeb. (Lappland), 7 von var. fennica Regel (Schweiz), 8, 9 von var. europaea Tepl. (Schweiz). 1 : 1. (Aus Schröter, Lit. 66).

die jungen Zapfen nach unten, bekommen, während ihre Fruchtschuppen sich aufrichten und dicht aneinander legen, sodass die in der mittleren Partie der Schuppen stehenden kurzen Haare ineinander greifen (79), eine grüne Farbe und reifen dann im Oktober desselben Jahres. In seltenen Fällen bleiben die Schuppen am ganzen Zapfen oder wenigstens in seinem oberen Teil abnormer Weise zurückgeschlagen, sodass sehr sonderbare Formen entstehen, die zuerst Brügger[2]) als „Krüppelzapfen" beschrieben hat; Fig. 70 zeigt diese und andere Hemmungsbildungen an Fichtenzapfen. Da in drei von den 24 bis jetzt beobachteten

[1]) Forstliche Blätter. N. F. Bd. 4. 1875. S. 151 und Bd. 17. 1880. S. 258.

[2]) Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens. Bd. 17. 1874.

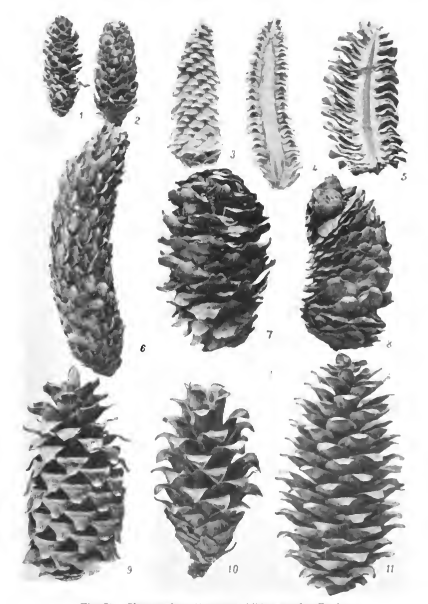


Fig. 70. *Picea excelsa.* Hemmungsbildungen der Zapfen.

1 und 2 durch Frost vor der Blüte fixierte Zapfen mit aufgerichteten Schuppen. 3 und 4 zum Vergleich: normale, weibliche Blüte mit herabgeschlagenen Schuppen. 6 Zapfen der var. squarrosa Jacobasch (v. Rügen). 5—11 Krüppelzapfen, d. h. verholzte und ausgereifte Zapfen, bei denen aber die Herabbiegung der Schuppenhälfte aus dem Blütenstadium bei allen Schuppen oder einem Teil derselben geblieben ist; 10 und 11 Übergänge vom Krüppelzapfen zum Normalzapfen, von einer Sumpflichte. 1:1. (Aus Schröter Lit. 66.)

Fällen der betreffende Baum lauter **Krüppelzapfen trug**, so ist erbliche Disposition nicht ausgeschlossen (Sch.). **Während des Ausreifens** treten an den jungen Zapfen **Färbungsunterschiede auf**, welche im August am deutlichsten sind, und nach denen v. Purkyne[1]) die beiden Formen *chlorocarpa* und *erythrocarpa* benannt hat. Bei der ersteren ist die Zapfenfarbe zu dieser Zeit hellgrün, bei der letzteren dunkelviolett, und mit dieser Verschiedenheit sollen noch die weiteren Merkmale Hand in Hand gehen, dass die rotfrüchtige Form gelbe grössere Antheren und karminviolette weibliche Blüten, die aus kleineren eiförmigen, gelbbraun beschuppten Knospen hervorgehen, besitze, während die grünfrüchtige Form kleinere rötliche Antheren, grössere, fast kugelige, von blauweiss bereiften Schuppen bedeckte weibliche Blütenknospen und zinnoberrote, ins gelbliche spielende weibliche Blüten zeige. (Vgl. auch Lit. 66.)

Im Reifezustand sind die Zapfen von brauner Farbe, an Grösse und Schuppenform sehr variabel, meistens 10—15 cm lang, 3—4 cm dick; abnorm kleine Exemplare s. Fig. 69. Ihre Schuppen sind nach A. Braun[2]) meist nach $^8/_{21}$ und $^{21}/_{55}$, seltener nach $^{13}/_{34}$, höchst selten nach $^5/_{13}$ gestellt. Die untersten 20—40 Schuppen sind steril, die nächstfolgenden Schuppen enthalten gewöhnlich kleine, nach der Zapfenmitte hin immer grössere Samen, nahe am oberen Ende sind die Schuppen wieder leer.[3]) Sie öffnen sich im Frühjahr, indem die Schuppen besonders unter der Wirkung austrocknender östlicher Winde weit auseinanderklaffen und die geflügelten Samen herausschlüpfen lassen; im hohen Norden erfolgt nach Kihlman (96) das Öffnen der Zapfen schon im Winter, wodurch die Verbreitung der Samen begünstigt wird, die auf der glatten Schneefläche vom Winde transportiert werden. Im Laufe des Jahres fallen die leeren Zapfen ab. Die Samen (Fig. 71), welche Anfang Oktober bereits reif werden, haben eine spitzeiförmige Gestalt und matte dunkelbraune Farbe, sind 4—5 mm lang, 2—$2^1/_2$ mm breit und 5—8 mgr schwer; sie tragen einen bis 16 mm langen, 6—7 mm breiten, hellbraunen durchscheinenden Flügel, welcher mit seinem unteren Ende den Samen auf dessen oberer Seite vollständig überzieht und sich mit einer löffelartigen Aushöhlung von ihm trennen lässt. Wie die Samen der Tanne, sind auch die der Fichte anemochor, vom Typus der Schraubenflieger; sie fallen nach Dingler (34) langsamer als jene, zeigen dabei sehr rasche Drehungen und beschreiben in ruhiger Luft meistens eine etwas spiralige Bahn. Gelegentlich werden die Samen auch von der Spechtmeise (*Sitta europaea* L.) verschleppt. Sie enthalten in ihrem ölreichen Nährgewebe einen mit 5—9 Kotyledonen versehenen, farblosen Embryo. Der frische Samen enthält nach Jahne[4]) 7,82% Wasser, 21,20% Ätherextrakt, 29,51% Rohfaser, 18,67% Protein, 5,80% Asche, 17,00% Harze und stickstofffreie Extraktstoffe.



Fig. 71. *Picea excelsa.* A Same mit Flügel; B derselbe aus der löffelförmigen Vertiefung der Flügelbasis herausgefallen. 1:1. (Orig. K.)

Die Ausbildung keimfähiger Samen wird oft durch Parasiten verhindert; so berichtet Kihlman (96), dass in den nördlichsten Teilen des skandinavischen Florengebietes in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren eine Gallmücke (*Cecidomyia Strobi* Winn.) die Samenbildung mehr oder minder vollständig vereiteln kann. Auch in den Alpen kommt ähnliches vor: so fand sich in einer Sendung von Fichtenzapfen aus Soglio im Bergell die Mehrzahl derselben von *Grapho-*

[1]) Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 53. 1877. S. 1.
[2]) Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Provinz Brandenburg. Bd. 17. 1877. S. XII.
[3]) F. Nobbe in Tharander forstl. Jahrbuch. 1881. Heft 1.
[4]) Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 7. 1881. S. 364.

litha strobilella L. angefressen, die Samen meist leer (66). Dass hierdurch die Verbreitung der Pflanze in erheblichem Masse gehindert wird, ist einleuchtend. Der starke Harzgehalt der Zapfenschuppen, der nach Hanausek[1]) in lysigen entstandenen „sekretführenden Destruktionslücken“ seinen Sitz hat, schützt also die Samen nicht vor diesen Spezialisten.

Ausser der Fortpflanzung durch Samen ist die Fichte unter besonderen Umständen bisweilen befähigt, sich durch Ableger zn vermehren (vgl. S. 120, 123) und auch die künstliche Vermehrung durch solche wird in der gärtnerischen Praxis angewendet. Indessen ist dieser Vorgang unter den normalen Wachstumsbedingungen des Baumes selten. — (K.)

4. Gattung. **Larix Mill.**

4. Larix decidua Mill., Gemeine Lärche. (Bearbeitet von Kirchner.)

Die Lärche, ein sommergrüner, fakultativ mykotropher Wipfelbaum, ist unter den einheimischen Nadelbäumen der am meisten lichtbedürftige, der mit der stärksten Transpiration ausgestattete und wegen des Abwurfes der Nadeln im Herbst der am meisten frostharte. An Lichtbedarf übertrifft sie die Kiefer und steht nur der Birke nach; daher sind die Lärchenwälder hell und in ihrem milden Lichte gedeihen Gräser und zahlreiche Kräuter, neben Farnen und Moosen. Sie bieten dem Vieh noch eine ergiebige Weide und bilden so eine willkommene Lösung der Frage einer Verbindung von Wald und Weide in den Alpen.[2]) Die Lichtintensität im Innern der Krone beträgt nach den Untersuchungen von J. Wiesner[3]) $^1/_5$ der Gesamtintensität des totalen Tageslichtes. Eine Folge der Lichtbedürftigkeit ist es ferner, dass im reinen Bestande die Lärchen sich locker stellen, nur hoch oben am Stamme kleine Kronen ausbilden und sich bei einseitigem Lichteinfall viel leichter von ihrer senkrechten Wachstumsrichtung ablenken lassen, als z. B. Tanne und Fichte; junge Pflanzen ertragen Überschattung gar nicht. Die Transpirationsgrösse, 114 868 g Wasser pro Jahr auf 100 gr Blattrockensubstanz, übertrifft nicht nur bei weitem die der übrigen Nadelbäume, sondern auch die meisten Laubhölzer (33). Wegen der Unempfindlichkeit, welche sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiete gegen die Winterkälte zeigt, ist die Lärche in ihrem Gedeihen vielmehr von der im Sommer herrschenden Wärme abhängig, sie liebt Gegenden mit einem beständig und gleichmässig warmen Sommer, ist auch gegen starke Trockenheit während des Winters geschützt und gibt sich durch alle diese Eigenschaften als kontinentaler Baum zu erkennen. Es scheint, dass die klimatischen Bedingungen für ihr Gedeihen sind: eine mittlere Jahrestemperatur von nicht unter — 1° und nicht über + 10° C[4]), reichliche Besonnung („der Faktor des Lichts beherrscht das Wachstum der Lärche“, sagt Bühler a. a. O.) und ausgiebiger Luftwechsel, eine Winterruhe von mindestens 4 Monaten, ein kurzer Frühling und ein rascher Übergang vom Frühling zum Sommer. Sie kann eine sehr kurze Vegetationszeit ausnützen, weil sie sich sehr zeitig, im Hochgebirge bisweilen wenn der Schnee noch den Boden bedeckt, belaubt, vielleicht auch weil ihre mächtig transpirierenden Nadeln entsprechend ausgiebiger assimilieren können, als die immergrünen Nadeln unserer übrigen Coniferen (205, 224).

---

[1]) Jahresber. d. Kremser Landes-Oberreal- u. Handelsschule 1879/80.

[2]) Vgl. Mathey, Le pâturage en forêt. Besançon 1900.

[3]) Sitzungs-Ber. d. k. k. Akademie, Wien, Mathem.-naturw. Klasse. Bd. 104, Abt. 1, 1895, S. 605.

[4]) Vgl. A. Bühler in Forstwissensch. Centralbl. Bd. 30. 1886. S. 1.

An die Bodenfeuchtigkeit stellt die Lärche trotz ihrer reichlichen Transpiration geringere Ansprüche als die Fichte, sie liebt einen tiefgründigen, aber nur frischen, nicht feuchten Boden; es hängt das wohl mit ihrem sehr stark entwickelten Wurzelsystem zusammen. Nach Christ (19) findet sie bei ca. 60 cm jährlicher Regenmenge ihr bestes Gedeihen. Bühler (a. a. O.) fand in der Schweiz die Lärche vielfach an fliessendem Wasser in gutem Wachstum; er vermutet, dass sie hier wegen der die Transpiration fördernden Bedingungen des Höhenklimas einen grösseren Wassergehalt des Bodens ertragen kann, als anderwärts. Auf der andern Seite kommt die Lärche im Gebirge auf den trockensten Felsvorsprüngen und im Steingeröll vor. Gegen Luftfeuchtigkeit ist sie empfindlich und für die Gewährung des ihr nötigen Grades von Trockenheit der Luft ebenso dankbar, wie für reichliche Insolation; vielleicht steht die auffallende Erfahrung, dass im Winter 1879/80 die Lärchen in der Nähe von Donaueschingen bei einem Temperaturminimum von — 30° C erfroren sind, während sie im Engadin nie vom Froste leiden, mit der hier herrschenden Lufttrockenheit gegenüber der bedeutenden Luftfeuchtigkeit auf der ca. 1000 m hoch gelegenen Schwarzwaldebene bei Donaueschingen im Zusammenhange[1]. Gegen Schneebruch ist der Baum durch den Mangel der Belaubung während des Winters, gegen Entwurzelung bei Stürmen durch seine kräftige Wurzelausbildung geschützt.

Hinsichtlich der mineralischen Boden-Nährstoffe stellt sich die Lärche in ihren Ansprüchen etwa zwischen Tanne und Fichte; der ersteren steht sie bezüglich des Kalibedürfnisses nach, erfordert aber zur Holzbildung nahezu eben so viel Phosphorsäure und mehr Kalk. Charakteristisch ist im Vergleich mit den beiden genannten Nadelhölzern der hohe Gehalt an Magnesia beim Lärchenholze (11—13,2 % der Reinasche) (18). Mit der Höhenlage nimmt nach den Untersuchungen von Weber[2] der Reinaschengehalt der Blätter sehr bedeutend ab, und damit auch die Ansprüche an die Nährstoffe des Bodens: während in den Nadeln einer bei Aschaffenburg (117 m) gewachsenen Lärche 6,02 % der Trockensubstanz Asche waren, betrug die Asche der Nadeln eines Baumes im Spessart (476 m) 3,57 %, im Lattengebirge bei Reichenhall aus 880 m Höhe 2,77 % und aus 1068 m Höhe 2,49 %. Der hohe Stickstoffgehalt der Lärchennadeln von 4,176 %[3] steht mit der Erfahrung im Einklang, dass humoser Boden dem Baume besonders zusagt. Im übrigen wird seine Entwicklung durch grössern Lehm- und Kalkgehalt des Bodens begünstigt, sodass er vielfach den Kalkboden, namentlich den Dolomit wegen dessen Magnesiagehalt bevorzugt. Doch sagt ihm der aus Tonschiefer, Grauwackenschiefer und verwandten Gesteinen hervorgegangene Verwitterungsboden am meisten zu; in den Alpen geht er von Westen nach Osten vom Urgebirge auf das Kalkgebirge über (29a, **224**, **19**).

Die Lärche ist in den Gebirgen des europäischen Alpen- und Karpatensystems einheimisch; ihr natürlicher Verbreitungsbezirk bildet einen schmalen, von Westsüdwest nach Ostnordost sich durch 22 Längegrade erstreckenden Streifen, welcher innerhalb der Karpathen sich bedeutend nach Südosten senkt und im östlichen Teile in einzelne weit von einander entfernte Inseln zerrissen erscheint. Die Verbreitungsgrenze liegt im Südwesten in der Dauphiné, zieht sich in nordöstlicher Richtung durch die Schweiz, wo die Lärche im Jura und den Voralpen, auch im Kanton Glarus fehlt, von den Urkantonen nur in Uri vorkommt und am Gäbris im Kanton Appenzell ihren nördlichsten Punkt erreicht, über Vorarlberg, die bayerischen und Salzburger Alpen, vielleicht auch den bayerischen Wald nach dem mährisch-schlesischen Gesenke und den nördlichen und sieben-

[1] J. Hamm in Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 57, 1881, S. 40 u. 76.

[2] Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. Bd. 49, 1873, S. 367.

[3] Councler, C. in Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 18, 1886, S. 353.

hürgischen Karpathen, sowie nach dem Hügelland Südpolens; in der Gegend von Kronstadt in Siebenbürgen dürfte der äusserste östliche Punkt der Verbreitung liegen. Die Südgrenze zieht sich durch die Gebirge Siebenbürgens, Südungarns und Kroatiens am Südabhange der Alpen entlang, durch die Seealpen zur Dauphiné, wo etwa unter 44° 30′ n. B. der südlichste und zugleich westlichste Punkt erreicht wird. Die obere Höhengrenze liegt für die Lärche sehr hoch und kennzeichnet sie als echten Hochgebirgsbaum; sie ist festgestellt für die Dauphiné auf ca. 2500 m (absolutes Maximum), Zentralalpen 2000—2400 m, Engadin 2323 m, Montblanc 2200 m, Zermatt 2400 m, Ortlergebiet 2400 m [1]), Salzburger Tauern 1950 m, Stubaier-Alpen 2310 m, Adamello-Gruppe 2315 m, Venezianer Alpen 2050 m, Nordschweiz 1948 m, bayerische Alpen 1952 m, Karpaten 1580 m, Schlesisches Gesenke 866 m. Die untere Höhengrenze liegt in den Alpen bei Martigny bei 423 m, Castasegna 700 m, Chur 603 m, Satztal 450 m, im mittleren Wallis etwa bei 1100 m; in den bayerischen Alpen im Mittel bei 909 m, nach Cieslar [2]) in Südtirol bei 600—700 m, am Dobratsch 600—660 m, in Unterkärnthen 400 m, in Niederösterreich bei 500 m, im schlesischen Gesenke im Mittel bei 357 m (**224**). In den Alpen tritt die Lärche an ihrer oberen Verbreitungsgrenze hier und da als Krummholz auf (**19**); in noch höherem Masse ist das bei ihrer sibirischen Schwesterform *Larix sibirica* Ledeb. der Fall, welche in niedergestreckt-strauchiger Gestalt bei 72½° n. Br. die Baumgrenze bildet. In früherer Zeit war sie weiter nach Norden und Osten verbreitet, jetzt ist sie ausserhalb ihres natürlichen Bezirkes wegen ihres wertvollen Holzes und ihrer reizvollen Erscheinung sehr häufig und auch im grossen angepflanzt. Man trifft sie in ganz Mitteleuropa, einem grossen Teil von Frankreich, in England, Schottland, Schweden, Litauen, den Ostseeprovinzen und bis ins mittlere Russland an. Doch kommt sie z. B. im mittleren und nördlichen Deutschland wie auch in Frankreich nicht gut fort, wogegen sie in Schottland, Schweden und Norwegen sehr gut gedeiht (**224**). Während sie in den Gebirgen ihrer Heimat sich leicht von selbst verjüngt, fehlt ihr, wo sie künstlich angebaut wird, mit seltenen Ausnahmen der natürliche Nachwuchs, sodass sie sich nicht eigentlich einbürgert (**150**).

Wälder von beträchtlicher Grösse bildet die Lärche innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in den Alpen der Dauphiné, grössere reine Bestände auch im Wallis und Engadin, sonst tritt sie in den Alpen gemischt mit *Pinus Cembra*, der Fichte und auch *Pinus montana* var. *uncinata* auf; vielfach wird sie, mit Ausnahme der obersten Höhenzone, allmählich von der Fichte zurückgedrängt (**19**, **224**). Auch beim künstlichen Anbau, z. B. in der Bodenseegegend, zeigte sich, dass die Lärche die Gesellschaft der Fichte nur an solchen Örtlichkeiten ertragen kann, wo letztere auf trockenem Boden im Längenwachstum hinter ihr zurückbleibt. Mit der Kiefer verträgt sie sich auf den ihnen zusagenden Böden gut, aber die bestentwickelten Bäume findet man bei Einzeleinsprengung in Laubholzbestände.[3])

Als Begleitpflanzen der Lärche (und Arve) in der Schweiz nennt Christ (**19**) vornehmlich *Rosa pomifera*, ferner *Linnaea borealis*, *Melampyrum silvaticum*, *Lychnis Flos Jovis*, *Sempervivum arachnoideum*, *Vaccinium Vitis Idaea*, *Rhododendron ferrugineum*, *Viola pinnata*, *Ononis rotundifolia*, im Osten *Laserpitium*

[1]) Obige Angabe (nach Fritzsch, Über Höhengrenzen in den Ortler Alpen. Wissensch. Veröffentlichnngen d. Ver. f. Erdkunde in Leipzig. Bd. 2. Nr. IV) bezieht sich auf die obersten verkrüppelten Lärchen der Göflaner Alp am Nordabhang gegen Vintschgau; gut gewachsene Lärchen werden angegeben bei 2330 m, 2365 m, 2370 m, 2387 m, letztere in S.W. Lage im Tal del Monte in den südlichen Ortler Alpen.

[2]) Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen. Bd. 30, 1904, S. 1.

[3]) J. Hamm in Allgem. Forst- und Jagdzeitung. Bd. 57, 1881, S. 37.

Gaudini, und neben diesen Waldpflanzen auch *Achillea moschata, Senecio abrotanifolius, Phyteuma hemisphaericum* und viele andere Alpenpflanzen, von denen Warming (205) *Arnica montana, Solidago alpestris* und *Campanula barbata* besonders hervorhebt. Von den genannten Arten sind *Linnaea borealis* und *Vaccinium Vitis Idaea* auch für die Bestände der verwandten *Larix dahurica Turcz.* in Sibirien charakteristisch (Cajander nach Höck). In den Lärchenwäldern des Wallis breitet als Unterholz *Arctostaphylos Uva ursi* seine glänzenden Teppiche, *Daphne alpina* schmückt sich mit weissen Blüten und *Juniperus Sabina* haucht seinen betäubenden Duft aus (Sch.).

Die Keimfähigkeit der Samen ist weit geringer als bei den übrigen einheimischen Nadelbäumen, da sie im Durchschnitt nur 38 % beträgt; besonders niedrig ist sie bei Samen von Bäumen, welche ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut werden. Durch intermittierende Erwärmung auf 30° C wird sie nach Kinzel etwas erhöht.[1]) Die Samen behalten ihre Keimfähigkeit zwar 3—4 Jahre, entwickeln sich im Alter aber nicht, wie die frischen, binnen 3—4 Wochen, sondern viel langsamer und zum Teil erst im 2. oder 3. Jahre nach der Aussaat (150). Von entschieden günstigem Einfluss auf die Keimung, und auch auf die spätere Entwicklung der Pflanzen ist eine Bedeckung mit Humus von 10—15 mm Tiefe.[2]) Bei der Keimung im Finstern erlangen die Kotyledonen nur eine grünlich-gelbe Farbe und das Hypokotyl bleibt chlorophyllos; auch im Halbdunkel erfolgt das Ergrünen der Kotyledonen nur unvollständig (6). Unter normalen Verhältnissen geht die Keimung in allen wesentlichen Punkten in derselben Weise vor sich, wie bei der Fichte; auf dem rot überlaufenen Hypokotyl entfaltet sich der Quirl von 4—8, meist 6 Kotyledonen (Fig. 72). Diese sind etwa 15 mm lang, stumpf 3kantig mit einer nach oben gewendeten Kante, glatt und ganzrandig, auf der Unterseite rein grün, auf den oberen Flächen mattgrün gefärbt und bläulich bereift (186). Auf den inneren (oberen) Seiten trägt die Epidermis, welche zartwandig und nicht von einem Hypoderm verstärkt ist, Spaltöffnungen, auf der unteren Blattfläche fehlen sie; das Gefässbündel wendet seinen Holzteil der oberen mehr abgerundeten Blattkante zu und ist mit einem geringfügigen Transfusionsgewebe ausgestattet; das Assimilationsparenchym zeigt dieselbe Beschaffenheit und Anordnung, wie in den Laubblättern; Harzkanäle sind mindestens nicht regelmässig vorhanden, ich fand in den Kotyledonen mehrerer von mir untersuchten Keimlinge solche nicht, während bei Hempel und Wilhelm (30) 2 randständige Harzkanäle abgebildet sind. Auch in Rinde und Bast des Hypokotyles sind keine vorhanden, erst im Bast des epikotylen Stengels der jungen Pflanze finden sie sich, ebenso wie im Holz beider Achsenorgane der Keimpflanze.[3]) Auf die Kotyledonen folgen im ersten Vegetationsjahre Nadelblätter in spiraliger Anordnung, welche ziemlich flach, auf dem Rücken schwach gekielt und auf der Oberseite etwas gewölbt sind; sie ähneln abgesehen vom Mangel eines Hypoderms den späteren Nadeln, und einige von ihnen bringen Achselknospen hervor, während die Hauptachse an ihrer Spitze mit einer Endknospe



Fig. 72. *Larix decidua.* Keimling mit entfalteten Kotyledonen. 1 : 1. (Orig. K.)

[1]) Landwirtsch. Versuchs-Stationen. Bd. 54, 1900, S. 134.

[2]) A. Bühler in Mitteil. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 1, 1891, S. 290.

[3]) H. Mayr in Botan. Centralblatt. Bd. 20, 1884, S. 150.

abschliesst. Unter günstigen Bedingungen kann die junge Pflanze im ersten Jahr eine Höhe von 10—15 cm und darüber erreichen, auf schlechtem Boden wird der Trieb oberhalb der Kotyledonen nur wenige mm lang. Im ersten Herbst sterben die Kotyledonen ab, von den Nadeln aber überwintern die oberen und sind im nächsten Frühjahr im grünen oder auch vergilbten Zustand noch vorhanden. Im zweiten Jahre wächst der Hauptstamm aus der Endknospe um einige cm weiter und schliesst mit einer neuen Endknospe ab, die Seitenknospen des ersten Jahrestriebes entwickeln sich unter günstigen Verhältnissen zu büschelig benadelten Kurztrieben und in den Blattachseln des zweiten Jahrestriebes werden wiederum Seitenknospen angelegt. Im Herbst fallen alle Nadeln mit Ausnahme der oberen des zweiten Jahrestriebes ab. Im dritten Jahre geht die Entwickelung in entsprechender Weise weiter, die Seitenknospen des ersten und zweiten Jahrestriebes entfalten ihre Nadelbüschel und einige derselben wachsen bei guter Ernährung jetzt zu Langtrieben aus, die sich wie die Hauptaxe verhalten (Fig. 73). Auch am Ende des dritten Jahres bleiben die oberen Nadeln am Stamm und an den seitlichen Langtrieben erhalten, ein gleiches tritt noch im vierten Lebensjahre ein, scheint aber später zu unterbleiben. Diese überwinternden Nadeln, welche dem Erdboden und der Laubdecke des Bodens sich näher befinden und im Winter auch leichter durch eine Schneedecke geschützt werden als die Nadeln älterer Bäume, sind deshalb der Kälte und den austrocknenden Winden des Winters so wenig ausgesetzt, dass sie sich am Leben erhalten können, doch wird man in dieser ökologischen Eigentümlichkeit der Jugendblätter, durch welche sie sich von den im Herbst regelmässig absterbenden Nadeln der Folgeform unterscheiden, mit H. Schenck eine durch Erblichkeit erhaltene Eigenschaft immergrüner Vorfahren der Lärche (der Cedern) erblicken dürfen (53).

Fig. 73. *Larix decidua.* Dreijährige Pflanze im Frühjahr des 4. Jahres; an den Zweigen steht noch ein Teil der überwinterten vorjährigen Nadeln der Langtriebe, ausserdem die vor kurzem entfalteten Nadelbüschel. 1:2. (Nach Schenck).

Der Gipfeltrieb der jungen Pflanze erreicht nach Borggreve[1]) im zweiten Jahre oft schon eine Länge von 30 cm, der des dritten Jahres von 50 cm. Somit ist die Lärche in ihrer Jugend sehr schnellwüchsig und dadurch in der Lage, ihrem grossen Lichtbedürfnis zu genügen; sie kann unter günstigen Standortsbedingungen schon im ersten Jahre eine Höhe von

[1]) Die Holzzucht. Berlin 1885. S. 51.

20 cm und eine Wurzellänge von 23—26 cm aufweisen. Im zweiten Jahre beträgt dann die Höhe der Pflanze bis zu 90 cm, im dritten bis 1,5 m (29a). Nach den Untersuchungen von Ph. Flury[1]) hatten junge Lärchen auf dem Tonboden des Züricher Versuchsgartens Adlisberg durchschnittlich folgende Höhen

	grosse	mittelgrosse	kleine Pflanzen
1 Jahr alt	4	3	2 cm
2 „ „	21	14	11 „
3 „ „	50	44	25 „
4 „ „	80	70	39 „
5 „ „	91	80	50 „
6 „ „	109	92	57 „
7 „ „	118	101	64 „
8 „ „	130	112	73 „
9 „ „	160	140	100 „

Die Lärchen zeigten sich dabei bis zum 6. Jahre den unter denselben Bedingungen wachsenden Kiefern, Schwarzkiefern und Weymouthskiefern im Höhenwuchs überlegen. Diese von Flury beobachteten Zahlen sind im Vergleich zu den sonstigen Angaben auffallend niedrig.

Das Wurzelsystem der jungen Pflanzen ist schwach entwickelt, eine eigentliche Pfahlwurzel fehlt; vom Wurzelhalse gehen zahlreiche dünne Stränge in die Tiefe und verzweigen sich so wenig, dass die Saugwurzeln 3jähriger Pflanzen gewöhnlich Wurzeln 3. Ordnung sind (19).

An den erwachsenen Bäumen erstrecken sich einige Seitenwurzeln auf mehrere Meter Länge in horizontaler Richtung, wie bei der Fichte, die Mehrzahl aber biegt in einer Entfernung von etwa $^1/_2$ m rasch abwärts und bildet einen Kranz kräftiger, dem Stamm einen sichern Halt gebender sog. „Herzwurzeln" (nach J. Hamm a. a. O.). Das Gefässbündel der Seitenwurzeln ist, wie bei der Fichte, diarch; bis zum dritten oder vierten Jahre wird Holz nur an der Aussenseite der primären beiden Holzteile gebildet, sodass die Wurzel eine plattgedrückte Gestalt bekommt, erst später entstehen damit abwechselnd verholzende Parenchymzellen und kurze Tracheiden, wodurch sich der Holzring schliesst.[2]) An den jungen Wurzelverzweigungen kann man Lang- und Kurzwurzeln unterscheiden, von denen die letzteren sich traubig verzweigen und bisweilen im Humus des Waldbodens dicke Klumpen bilden (8). Diese Kurzwurzeln sind meistens Mykorrhizen, wie sie zuerst von Frank für die Lärche festgestellt und später von andern sowohl auf humosem, wie auf humusarmem Boden beobachtet worden sind (8, 19). Die Mykorrhizen sind ektotroph, das Pilzgewebe bildet einen die Saugwürzelchen überziehenden Mantel, wie bei *Abies* (vgl. Fig. 20, S. 83), von dem zahlreiche Hyphen sich intercellular in der Wurzelrinde verbreiten; Wurzelhaare treten an nicht zu Mykorrhizen umgebildeten Saugwurzeln in einer ziemlichen Entfernung von der Wurzelspitze auf, auch bei ihnen findet man aber ein intercellulares Mycel und ein zartes Pilzgeflecht an der Aussenseite der Wurzelspitze (79). Über die Zeit, in welcher die Anlage und das Wachstum der Wurzeln stattfindet, stimmen die vorliegenden Angaben, jedenfalls wegen der verschiedenen klimatischen Verhältnisse an den Beobachtungsorten, untereinander nicht überein; es lässt sich aus ihnen im allgemeinen ersehen, dass auf eine Wachstumsperiode im Frühjahr ein sommerlicher Stillstand, darauf im Herbst wieder eine erneute Tätigkeit stattfindet, welche Ende Oktober oder Anfang November aufhört; Petersen[3]) fand die lebhafteste Frühjahrs-Wurzelbildung im April bis Mai, die

[1]) Mitteil. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen. Bd. 4, 1895, S. 189.

[2]) H. Mayr a. a. O.

[3]) Nach Botan. Jahresber. Bd. 26, Abt. 1. 1898, S. 609.

sommerliche Ruhe im Juni und besonders Juli und die Herbsttätigkeit besonders im August; Büsgen (8) beobachtete das kräftigste Wurzelwachstum im Mai bis Juni und wieder im September, Oktober; Engler (19) berichtet, dass im Frühjahr das Wurzelwachstum früher beginnt als das der oberirdischen Organe, dass es im Frühsommer die grösste Intensität erreicht, im August und September bedeutend nachlässt und sich im Herbst wieder auf 8 % des Frühlingszuwachses steigert; der grösste absolute Längenzuwachs, der während eines Tages beobachtet wurde, betrug 11 mm, das mittlere Maximum des Zuwachses aller gemessenen Wurzeln 5 mm. Nach dem letztgenannten Beobachter liegt die untere Temperaturgrenze für das Wurzelwachstum etwa bei 5—6° C. Anfänglich haben die jungen Wurzeln eine helle Farbe, nach 8—20 Tagen bräunen sie sich an der Oberfläche, was auf dem Absterben und der Abschuppung der äusseren Rindenzellen beruht. Im Winter sind die Langwurzeln bis zu ihrer Spitze dunkelbraun gefärbt und werden durch die zwischen den gebräunten Zellen und in dem Rindengewebe sich haltende isolierte Luftschicht vor zu starker Abkühlung und vor frühzeitiger Erwärmung geschützt (19).

A B

Fig. 75. *Larix decidua.* Kurztriebe. A Langtrieb mit Kurztrieben besetzt, von denen einer in einen Langtrieb ausgewachsen ist. 3:1. B 5jähriger Kurztrieb. 5:1. (Orig. L. Schröter).



Fig. 74. *Larix decidua.* Zweigende im September, an der Basis mit Kurztrieben besetzt, an der Spitze in einen Langtrieb mit spiralig gestellten Nadeln ausgehend. 1:1. (Orig. Braun).

Der Aufbau des Achsengerüstes der Lärche vollzieht sich, obgleich das Verzweigungssystem ebenso wie bei der Tanne und Fichte streng monokormisch ist, in einer ganz andern und freieren Weise, als bei diesen Bäumen und den Kiefern, weil die den Aufbau beherrschenden Langtriebe hier nicht in Quirlen angelegt werden. Durch das Vorhandensein scharf von einander geschiedener Lang- und Kurztriebe (Fig. 74 u. 75) unterscheiden sich die Lärchen (nebst den Cedern) von Eiben, Tannen und Fichten, durch die Ausbildung der Kurztriebe von den Kiefern in einer sehr auffallenden Weise. Wie oben erwähnt, tritt in der Entwickelung der

jungen Pflanze, die im ersten Lebensjahr nur einen Langtrieb hervorbringt, der Unterschied zwischen den Lang- und Kurztrieben in der Regel im zweiten Jahre hervor. Die Langtriebe sind mit einzelnen Nadeln in spiraliger Anordnung besetzt und zeigen die gewöhnliche Wachstumskurve in der Länge ihrer Internodien, von denen die untersten wie die obersten jedes Jahrestriebes gegenüber den mittleren weniger gestreckt sind (222). Eine im Lauf der Jahre immer wachsende Anzahl von jährlichen Langtrieben baut die Langzweige auf, welche lange Zeit eine sehr schlanke Gestalt behalten. Die Langtriebe schliessen in der Regel mit einer Gipfelknospe ab und entwickeln ausserdem in den Achseln von einigen ihrer Laubblätter Seitenknospen von halbkugeliger Form (Fig. 75, 76). Diese erscheinen so, dass zwischen je zwei Knospen eine Anzahl (2—9) Laubblätter ohne Achselknospen steht, doch können auch, vorzugsweise auf dem mittleren Teil des Jahrestriebes, 2—3 Knospen unmittelbar aufeinander folgen; am weitesten sind die Knospen auf dem untersten Teil des Jahrestriebes voneinander entfernt. Sämtliche Knospen eines Langtriebes entwickeln sich im nächsten Jahre zunächst zu einem Kurztrieb, auch die Endknospe. Der Kurztrieb bildet an seiner sehr kurz bleibenden Achse bei der Entfaltung der Knospe eine Anzahl von büschelförmig beisammen stehenden Nadelblättern und kann sich nachher verschieden verhalten: nämlich entweder zu einem Langtriebe auswachsen oder bis zu seinem Absterben immer wieder Kurztriebe, und zwar vegetative oder fertile blütentragende hervorbringen. Die von den Kurztrieben produzierten Langtriebe verhalten sich als Verjüngungszweige und können als primäre bezeichnet werden, wenn sie in demselben Jahre entstehen wie die Kurzzweige selbst, als sekundäre, wenn sie aus ein- oder mehrjährigen Kurzzweigen hervorgegangen sind. Zu primären Verjüngungszweigen wachsen in der Regel diejenigen Kurztriebe etwa 4 Wochen nach ihrem Anstreiben aus, welche aus den Endknospen und aus einer gewissen Anzahl von Seitenknospen im oberen Teil der Langtriebe des Vorjahres hervorgegangen sind. Ihre Zahl ist wechselnd, an den Hauptachsen können bis zu 14 erzeugt werden, auf den Nebenachsen 1. Ordnung 3—9, auf den Nebenachsen 2. Ordnung meistens 1—3, selten bis 5; bei ihrem Hervorwachsen aus den Kurztrieben erscheint zuerst der endständige, darnach die seitenständigen in absteigender Reihenfolge. Die sekundären Verjüngungszweige entwickeln sich in der Regel aus 1 Jahr alten, bisweilen auch aus 2—4 Jahre alten Kurzzweigen, erscheinen also auf 2—5 Jahre alten Langtrieben. Auch ihre Anzahl ist unbestimmt, sie entstehen vorzugsweise auf der Hauptachse und den Nebenachsen 1. Ordnung, spärlich auf denen 2. Ordnung, und zwar auf den Nebenachsen unterhalb der primären Verjüngungszweige. Ihre Entwicklung beginnt im Frühjahr zeitiger als die der primären, sie sind weit kümmerlicher, weniger dauerhaft, bleiben einfach oder verzweigen sich wenig, wobei sie hauptsächlich Kurzzweige hervorbringen, welche männliche Blüten produzieren, und sterben darnach ab. Alle Langzweige sind rein vegetativ, von den Kurztrieben, aus denen sie hervorgegangen sind, durch keine Knospenspur geschieden, da sich die Vegetationsspitze der Kurztriebe nach einer kurzen Ruheperiode infolge von Prolepsis zum Langtriebe weiter entwickelt. Man wird mit Goebel (55) der Vermutung Raum geben dürfen, dass die Kurztriebe durch ihre vorhergehende Assimilationstätigkeit erst das Material für die Bildung der Langtriebe liefern; unter ungünstigen Entwicklungsbedingungen kann deshalb die Langtriebbildung Jahre



Fig. 76. *Larix decidua.* Zweigspitze im winterlichen Zustand, mit einer End- und zwei Seitenknospen. 3:1. (Orig. K.)

lang unterbleiben. Die nicht in Langtriebe auswachsenden Kurzzweige bleiben zu einem Teil ihr ganzes Leben lang vegetativ, setzen alljährlich die Bildung eines Kurztriebes mit einem Nadelbüschel fort und können ein hohes Alter erreichen; ihre jährliche Verlängerung ist sehr unbedeutend, der Zuwachs zeigt am Grunde eine Knospenspur und deshalb sehen die älteren Kurzzweige geringelt aus. Solche rein vegetative Kurzzweige stehen auf dem unteren Teil der Jahrestriebe, sie werden nach Th. Hartig (29a) je nach der Verschiedenheit des Standortes in 10—20 Jahren von der Rinde überwachsen, sterben aber nicht ab, sondern verhalten sich als schlafende Augen; auf ihrem Vorhandensein beruht die bei den Lärchen häufig vorkommende Entwicklung von Stammausschlägen. Die Mehrzahl der Kurzzweige ist fertil, d. h. bringt früher oder später Blüten hervor, selten schon im ersten Lebensjahr, meistens im 2. oder 3., und wiederum selten im 4.; nach einmaligem Blühen stirbt der Kurzzweig ab.

Im ganzen besitzt die Lärche, wie alle Coniferen, eine geringe Verzweigung, indem nur 3—4 Ordnungen von Nebenachsen zur Ausbildung gelangen, von denen der grössere Teil sich zu Kurzzweigen gestaltet, welche Blüten bilden und also von einer kurzen Lebensdauer sind. Wie fast für alle Bäume, so gilt auch für die Verzweigungsweise der Lärche das Gesetz, dass die Langtriebe aus den kräftigsten, die der Blütenbildung dienenden Zweige aus den schwächsten Knospen entstehen, und so ist die Anordnung der Triebe in der Regel die, dass die primären Verjüngungszweige zu oberst an den Abstammungsachsen, die sekundären Verjüngungszweige auf sie folgend und die vegetativen oder blühbaren Kurzzweige zu unterst angeordnet sind; unbedeutende Abweichungen von dieser Regel sind nicht gerade selten, indem zwischen den Verjüngungszweigen, ja sogar über ihnen Kurzzweige auftreten können. Die Produktion von Verjüngungszweigen und blütenbildenden Kurzzweigen wechselt an jedem Jahrgang eines Zweiges im allgemeinen in den aufeinander folgenden Jahren derartig, dass man ein Verjüngungsstadium und ein Fortpflanzungsstadium unterscheiden kann, die indessen meistens nicht sehr streng gesondert sind. Ein regelmässiges Wechseln dieser beiden Stadien herrscht nur an den Nebenachsen 1. Ordnung, indem in einem Jahre die Verjüngung, im folgenden die Fortpflanzung überwiegt; bei den Nebenachsen 2. und 3. Ordnung lässt sich wegen der geringen Verzweigung der Lärche kein regelmässiger Wechsel nachweisen. Während des Verjüngungsstadiums sind die Verjüngungszweige nicht auf den oberen Teil der Abstammungsachse beschränkt, sondern entstehen auch im unteren, wobei die sekundären Verjüngungszweige sich mit den primären mischen. Im Fortpflanzungsstadium werden zwar auch Verjüngungszweige hervorgebracht, aber primäre nur 2—5 neben einer bedeutenden Anzahl von sekundären (3).

Die den Habitus des Baumes bestimmenden Langtriebe setzen nach Hamm (a. a. O.) ihr Wachstum den ganzen Sommer hindurch fort; bezüglich ihrer definitiven Länge gilt nach Burtt (7) auch für die Lärche dasselbe Gesetz, wie für die Tanne, dass nämlich die einzelnen Glieder eines Sprosssystemes in der Länge allmählich abnehmen, je weiter ihr relativer Ort von der Spitze der Mutterachse des betreffenden Systems entfernt ist; so nimmt der Jahreszuwachs aller Nebenachsen 1. Ordnung mit ihrem Abstande vom Scheitel der Hauptachse ab, und dasselbe gilt wieder für die Glieder jeder folgenden Ordnung. Der Stamm wächst unter günstigen Beleuchtungsverhältnissen steif senkrecht aufwärts, die Äste wenden sich in ihrem unteren Teil horizontal von ihm ab und steigen dann bogenförmig aufwärts, sodass die Triebe des letzten Jahres ganz senkrecht stehen (7). An Hängen zeigt der Stamm an seinem Grunde stets eine Krümmung bergabwärts, wohl als eine Folge des Schneedruckes; diese Krümmung gleicht sich auch an sehr alten Bäumen nicht aus (Sch.). Wie bei der Tanne und Fichte, können sich bei Verlust des Gipfelsprosses Seitenzweige aufrichten und Ersatz-

gipfel bilden. Beim Verbeissen durch die Ziegen vermag die Lärche nicht, wie Fichte und Kiefer, eine sie schliesslich gegen die Angriffe dieser Tiere schützende dichtbuschige Form anzunehmen. Sie erhält zuerst eine unregelmässige buschige Gestalt, später kommt manchmal ein Gipfeltrieb zur Geltung und vermag sich schliesslich emporzuarbeiten; wiederholt sich aber die Beschädigung sehr oft, so sterben die Zweige ab, und die Pflanze geht endlich ein [1]).

Fig. 77. *Larix decidua.* Nadeln, links von einem Langtrieb, rechts von einem Kurztrieb, diese an der Basis mit dem behaarten Blattkissen versehen. 2:1. (Orig. K.)

Die L a u b b l ä t t e r der Lärche sind nicht immergrün, sondern abfällige Nadeln, welche, wie bereits erwähnt, an den Langtrieben einzeln in spiraliger Anordnung, an den Kurztrieben so gedrängt stehen, dass sie Büschel bilden; die Anzahl der Nadeln an einem Kuztrieb schwankt nach S p r e n g e l [2]) von 25—64 und beträgt an sehr verschiedenen Standorten durchschnittlich 49. Die Nadeln sind von hellgrüner Farbe, dünn und zart, diejenigen der Langtriebe meist 1—3 cm, bisweilen bis zu 5 cm lang, linealisch, $^1/_2$—$1^1/_2$ mm breit, am Ende zugespitzt, nebst ihrem Blattkissen ganz kahl (Fig. 77). Die Nadeln der Kurztriebe sind durchschnittlich etwas länger und schmäler, oft gebogen, an der Spitze stumpfer, gegen den Grund allmählich verschmälert, ihr Blattkissen behaart (Fig. 77). Alle Nadeln sind oberseits ziemlich flach, auf der Unterseite mit einem gewölbten Kiel versehen.

Die Epidermis, welche denselben Bau zeigt, wie an den Fichtennadeln, trägt auf beiden Blattseiten in Längsreihen angeordnete Spaltöffnungen, und zwar zu beiden Seiten der Mittellinie auf der Oberseite je 1, auf der Unterseite je 2—3 Reihen; die äussere Atemhöhle ist auch hier durch eine Wachsausscheidung ausgefüllt [3]). Ein verholztes Hypoderm findet sich nur an den Längskanten und in der Mittellinie auf beiden Blattseiten vor (Fig. 78). Das Assimilationsgewebe

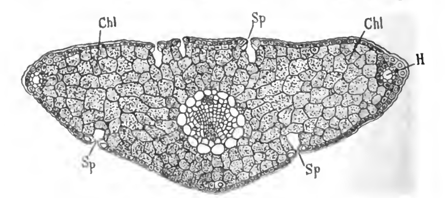


Fig. 78. *Larix decidua.* Querschnitt durch eine Langtrieb-Nadel.
In der Mitte das Gefässbündel, Sp Spaltöffnungen, Chl Chlorophyllparenchym, H Harzkanal. 100:1. (Orig. Braun).

bildet eine Mittelstufe zwischen dem der Fichte und der Kiefer: es stellt gewöhnlich im Querschnitt rundliche, lückenlos zusammenschliessende Zellen dar,

[1]) Nach Fankhauser, vgl. S. 90, Anm. 2.
[2]) Sitzungs-Ber. d. Naturhist. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. 1893, S. 38.
[3]) K. Wilhelm in Berichten d. Deutschen Botan. Gesellschaft. Bd. 1. 1883. S. 325.

welche an der Blattoberseite sich senkrecht zu dieser strecken und dadurch zu Palissadenzellen werden, in den Parenchymzellen kräftig gebauter Blätter treten ebensolche Membranfalten auf, wie bei der Kiefer; innen und an der Unterseite ist ein Schwammparenchym als Zuleitungsgewebe vorhanden. Auf Längsschnitten erkennt man, dass für eine reichliche Durchlüftung des Assimilationsgewebes gesorgt ist, denn seine Zellen sind in einschichtige, unter einander nicht parallel gelagerte, sondern mit ihren Kanten aufeinander liegende Platten auseinandergehoben, zwischen denen sich Lufträume etwa von der gleichen Höhe wie die Zellplatten befinden (K.).

Dicht an den beiden Längskanten verläuft unmittelbar unter dem Hypoderm je ein Harzkanal, dem gegen das Assimilationsparenchym eine Reihe von Sklerenchymfasern Festigkeit verleiht; die Kanäle enden oben und unten blind und haben nur 0,02—0,03 mm im Durchmesser[1]); sie geben sich im Verein mit dem sie umschliessenden Sklerenchym als helle durchscheinende Randsäume am Blatt zu erkennen. In den Kurztriebnadeln sind öfters keine Harzkanäle vorhanden. In der Längsachse des Blattes verläuft ein Gefässbündel, dessen Holzteil nach oben liegt und welches mit einem nur wenige Zellen starken, am Bastteil liegenden Transfusionsgewebe versehen ist; nach aussen ist es von einem verholzten Ableitungsgewebe umgeben (43). Da die Nadeln an den Langtrieben nicht sehr dicht stehen und die Kurztriebe mit ihren Nadelbüscheln ziemlich weit von einander entfernt sind, so ist die gesammte Belaubung der Lärche dünn und locker. Nichtsdestoweniger ist nach den Zählungen und Berechnungen von Th. Hartig (29a) das Gewicht und die Anzahl der an einem Baume vorhandenen Nadeln sehr beträchtlich. Er stellte fest, dass an einer 60jährigen Lärche, deren Stammholzmasse 1,3 cbm betrug, die im Mai gesammelten frischen Nadeln der Kurztriebe 18 kg wogen, wozu später noch an Langtriebnadeln im geschlossenen Bestande 5 %, an ganz frei stehenden Bäumen 12 % kommen. Für erstere würde sich demnach bei 60jährigem Alter eine Nadelmasse von 18,9 kg ergeben, was einer Nadelzahl von rund 65 Millionen entspricht; die Nadeln eines solchen Bestandes würden eine 6mal so grosse Fläche als diejenige des Bestandes bedecken, stellen also eine 12mal so grosse Assimilationsfläche dar.

Das Austreiben der Nadeln an den Kurztrieben erfolgt im zeitigen Frühjahr, bevor noch das Wachstum der Wurzeln beginnt, auf höheren Standorten oder weiter im Norden entsprechend später, z. B. bei Agram am 22. März, bei Wien am 28. März, Passau am 4. April, Innsbruck am 12. April, Prag am 16. April, München am 8. Mai, Dorpat 14. Mai; die allgemeine Laubverfärbung tritt in Giessen durchschnittlich am 21. Oktober ein (115, 224). Die Ablösung der Nadeln geschieht nach H. Mayr (a. a. O.) in der Weise, dass innerhalb des Nadelkissens ein Korkgewebe sich ausbildet, welches nach rückwärts und unten dem ins Blatt ausbiegenden Gefässbündel entlang sich fortsetzt und das Gefässbündel gewissermassen unterbindet; das Abfallen der Nadel geschieht an der Stelle, wo sie sich von ihrem Blattkissen absetzt, hier hinterlässt sie eine dreieckige bis rautenförmige Narbe. Vor dem Abfallen findet in den Nadeln eine bedeutende Verminderung ihres Phosphorsäuregehaltes (von 23,7 auf 3,74 % der Reinasche) und des Kali (von 23,55 auf 4,57 %), dagegen eine Steigerung des Gehaltes an Kalk (von 14,65 auf 22,98 %) und Kieselsäure (von 21,66 auf 57,02 %) statt.[2])

Die Knospen stimmen in ihrer Entwicklungsgeschichte im wesentlichen mit denjenigen der Fichte überein; die am Gipfel der Zweige stehenden sind stumpf eiförmig, die seitlichen ungefähr halbkugelig und 2 mm breit (Fig. 76).

[1]) H. Mayr in Botan. Centralblatt. Bd. 20, 1884, S. 150 ff.

[2]) R. Weber in Allgem. Forst- und Jagdzeitung. Bd. 49, 1873, S. 367.

Von ihren Schuppen sind die äusseren braun, glänzend, am Rande trockenhäutig, die untersten oft zugespitzt, die übrigen abgerundet oder ausgeschnitten; die innersten (Fig. 79) sind dünnhäutig, oft an ihrem Grunde stielartig verschmälert. Die Schuppen sind durch Harz verklebt, welches von den zartwandigen Epidermiszellen der Oberseite ausgeschieden wird, und am Rande mit Haaren bewimpert; die Epidermiszellen der Unterseite haben stark verdickte und sklerotisierte Aussenwände, die in den äusseren Schuppen unter der Epidermis liegenden Zellen sind dünnwandig und nehmen bald eine korkartige Beschaffenheit an. Unterhalb der Vegetationspunkte der Knospen sind grosse Hohlräume vorhanden, welche als eine Schutzeinrichtung gegen das Erfrieren gedeutet werden: sie können das beim Gefrieren der Zellen gebildete Eis aufnehmen und bis zur Wiederaufsaugung beim Auftauen vor Verdunstung bewahren (59). Beim Austreiben der Knospen (Fig. 80) werden die Knospenschuppen auseinander gedrängt, schlagen sich mit ihren Spitzen nach aussen und zeigen kein weiteres Wachstum („tubuläre Depernlation“ von Masters).

Über den Fortgang des Höhenzuwachses der Lärche liegen keine so eingehenden Untersuchungen vor, wie für Tanne, Fichte u. a. Als Beispiele für

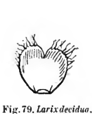


Fig. 79. *Larix decidua.* Innere, fast farblose Schuppe aus einer Endknospe. 10:1. (Orig. K).



Fig. 80. *Larix decidua.* Austreibender Kurztrieb am 7. April in Zürich (ca. 440 m ü. M.) 6:1. (Orig. L. Schröter).

die Jugendentwicklung (vgl. S. 160) seien die folgenden Zahlen nach Burtt (7) angeführt, welche für 2 Fälle (a und b) Durchschnitte aus je 10 untersuchten Exemplaren darstellen. Danach betrug

im Alter von	die Höhe der Pflanzen a	b	der Zuwachs des letzten Jahres in cm a	b
4 Jahren	113,7	—	25,2	—
5 „	149.4	—	35,7	—
6 „	201,2	—	51,8	—
7 „	259,6	—	58,4	—
8 „	321,5	165,75	61,9	45,25
9 „	385,0	522,5	63,5	56,75
10 „	455,25	600,75	70,25	78,25
11 „	—	688,125	—	87,375
12 „	—	781,125	—	93,00
13 „	—	891,5	—	110,375
14 „	—	1006,25	—	114,75

In beiden Fällen befanden sich die untersuchten Exemplare also noch im aufsteigenden Ast ihrer Wachstumskurve; der Gipfel derselben liegt, wie schon Th. Hartig (29a) angegeben hat, etwa beim 40. Lebensjahr. Damit stimmen auch die Angaben von J. Hamm (a. a. O.) für in der Bodenseegegend gewachsene Lärchen überein, welche in 7 verschiedene Bodenklassen eingereiht wurden; von ihnen werden hier nur diejenigen Zahlen mitgeteilt, welche sich auf die 3 ersten, der Lärchenentwicklung günstigen Bodenklassen und auf Bäume beziehen, welche in geschlossenem Bestande erwuchsen. Es betrug

im Alter von	die Höhe der Bäume in Metern bei I.	II.	III. Bodenklasse
10 Jahren	5,5	4	4
20 „	10,5	9	7,5
30 „	13,5	14,5	12,5
40 „	22	19,5	17,5
50 „	26,5	23	22
60 „	29,5	26,5	25,5
70 „	32,5	28,5	28
80 „	34	30	29
90 „	34,5	31	30

In höheren Gebirgslagen erleidet die Wachstumsenergie eine bedeutende Herabsetzung.[1])

Über den durchschnittlichen Gang des Dickenwachstums gibt Th. Hartig an, dass der jährliche Zuwachs des Durchmessers in Brusthöhe

bis zum 10. Jahre	5,2 mm
„ „ 20. „	6,5 „
„ „ 40. „	7,8 „
„ „ 60. „	5,75 „
„ „ 80. „	5,2 „

beträgt. Die grösste Massenerzeugung von Stammholz fällt nach demselben Autor etwa in das 60. Lebensjahr. Natürlich verringert sich der ausserordentlich rasche Höhen- und Dickenzuwachs beträchtlich in höheren Gebirgslagen. Als Maximalhöhe des Baumes wird 53,7 m, als grösster Stammdurchmesser 1,6 m, als höchstes Lebensalter 600 Jahre angegeben (95).

An den erwachsenen Bäumen verjüngt sich der Stamm stark nach oben, die normal ausgebildete Krone hat eine pyramidal-kegelförmige Gestalt, welche nicht nur im geschlossenen Bestande, sondern auch an freistehenden Exemplaren von einer verhältnismässig geringen Grösse ist, weil die unteren Äste wegen ihres grossen Lichtbedürfnisses bis auf eine Höhe von 6—10 m absterben (29a). Die Hauptäste sind dünn und verlaufen in ihrem unteren Teil horizontal, erst im hohen Alter verdicken sich einzelne Äste beträchtlich, behalten aber ihre aufwärts gebogene Richtung bei; die Nebenäste hängen nach abwärts und bedingen mit ihrer hellen sommerlichen Belaubung und leichten Beweglichkeit im Winde die anmutige und freundliche Erscheinung des Baumes. Die Krone ist so gebaut, dass auf sie fallender Regen in zentrifugaler Richtung abgeleitet wird: die von den aufgerichteten Nadeln der Kurztriebe aufgefangenen Regentropfen sammeln sich und gelangen allmählich zu den Nadeln der herabhängenden Langzweige tieferer Äste und damit zu deren Enden, von denen sie in derselben Weise immer weiter nach abwärts und weiter nach aussen sich verbreiten, um von den untersten, am weitesten ausladenden Ästen zu Boden zu fallen und in der Region, in welcher die jungen Saugwurzeln sich ausbreiten, in den Erdboden einzudringen (95).

[1]) Vgl. A. Bühler in Forstwissensch. Centralbl. Bd. 30, 1886, S. 1.

Im Holz der Lärche bildet sich ähnlich wie bei den Kiefern, aber im Gegensatz zum Tannen- und Fichtenholz, ein umfangreicher, mehr oder weniger rotbraun gefärbter Kern aus, welcher sich namentlich an den im Hochgebirge erwachsenen Bäumen („Stein-Lärchen“ in den bayerischen Alpen) durch tief rotbraune Färbung und wegen der ausserordentlich starken Verdickung der Zellwände durch ein so hohes spezifisches Gewicht auszeichnet, dass das Lärchenholz an Güte die erste Stelle unter unsern Nadelhölzern einnimmt. Das Tragvermögen der frischen Zellwandsubstanz beläuft sich nach Schellenberg[1]) auf 15,234 kg pro 1 qmm, ungefähr auf dieselbe Grösse, wie bei der Fichte. Das spezifische Gewicht des Holzes im ganzen beträgt im frischen Zustand 0,574 bis 1,144, durchschnittlich 0,818, im lufttrockenen Zustand 0,400—0,779, durchschnittlich 0,600; bei keiner Holzart tritt die Gewichtszunahme während der Kernholzbildung gleich scharf und deutlich hervor: sie kann bis auf 10% der Substanz und höher steigen. In den Hochgebirgslagen scheint dieser Verkernungsprozess weit energischer zu sein, als in der Ebene: eine 100jährige Lärche aus einer Hochlage Tirols von über 1000 m zeigte eine Zunahme des spez. Gewichtes im Kernholz gegenüber dem Splint um 50% (25). Durch L. Tetmajer[2]) wurde die mittlere Zugfestigkeit des Holzes auf 896 kg pro 1 qcm, die mittlere Druckfestigkeit auf 342 kg pro 1 qcm, die mittlere Biegungsfestigkeit auf 534 kg pro 1 qcm festgestellt. Von ausserordentlicher Güte ist das Kernholz der Äste, dessen spezifisches Trockengewicht in einem Fall 0,822 gegenüber von 0,426 beim Splintholz betrug. Im Stamme sinkt das spezifische Trockengewicht sowohl des Splintes wie des Kernes von unten nach oben bedeutend und gleichmässig, z. B. bei einem 70jährigen Baume

von 0,548 im Splint, 0,594 im Kern, 0,572 im ganzen Holz bei 1,5 m Höhe
auf 0,494 „ „ 0,508 „ „ 0,492 „ „ „ „ 27,5 „ „

Sehr geringwertig ist das Wurzelholz, dessen spez. Trockengewicht nach R. Hartig (25), dem auch die übrigen vorstehenden Angaben entnommen sind, in einem Falle 0,432 im Kern, 0,348 im Splint betrug.

Die Lärche ist in demselben Sinn, wie die Kiefer, ein sog. Fettbaum, da die Markstrahlen des Holzes während des Winters fettes Öl als Reservestoff enthalten.[3]) Wenn S. Simon[4]) gefunden hat, dass der prozentische Anteil der Markstrahlen am ganzen Holz ein wenig grösser ist, als bei der Fichte — im Stamm bei 1 m Höhe durchschnittlich 7,15% für Lärche, 5,31% für Fichte — so möchte doch bezüglich der hieraus gezogenen Schlüsse auf einen Zusammenhang zwischen dem Volumen der Markstrahlen und der Dauer der Assimilationstätigkeit der Blätter um so mehr Vorsicht geboten sein, als die Feststellung des Volumens des Markstrahlparenchyms bei der Fichte nicht genau erfolgen kann.

Die Wasserleitung im Holzkörper fällt dem Splintholze zu, dessen Wassergehalt in einem bestimmten Fall (bei einem 70jährigen Baum) 60,6% gegen 34,6% im ganzen Holz und 19,1% im Kernholz betrug; in den Monaten Juni und Juli zur Zeit der lebhaftesten Transpiration erwies sich das Holz am wasserreichsten, im April und Oktober am wasserärmsten. Entsprechend dem Anteil des Splintes am ganzen Holzkörper wächst der Wassergehalt im Baume von unten nach oben (25).

Die Jahresringe treten in dem Holze, welches in seinem anatomischen Bau mit dem der Fichte fast vollständig übereinstimmt, besonders deutlich hervor, weil die Herbstholzschicht nach beiden Seiten sehr scharf abgegrenzt ist. Be-

[1]) Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Bd. 29, 1896, S. 242.
[2]) Methoden und Resultate der Prüfung der schweiz. Bauhölzer. 2. Aufl. Zürich 1896.
[3]) A. Fischer in Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd 22, 1891, S. 73.
[4]) Berichte der deutschen Botan. Gesellsch. Bd. 20, 1902, S. 229.

züglich der mechanischen Eigenschaften des Holzes wird neben seinem bereits erwähnten hohen spez. Gewicht seine Festigkeit und Elastizität hervorgehoben, worin es den besten Holzarten mindestens gleichkommt (30). Im ganzen wird man sich die mechanische Leistung des Holzkörpers im Stamme etwa so denken dürfen, wie sie für die Kiefer auf Grund eingehender Untersuchungen festgestellt ist.

Der Aschengehalt des Holzes beträgt nach Ebermayer[1]) 0,14—0,25, durchschnittlich 0,17%; davon kommen von 100 Teilen Reinasche 33,57 auf Kali, 45,14 auf Kalk, 13,20 auf Magnesia, 7,68 auf Phosphorsäure. Im Kernholz steigt verglichen mit dem Splintholz nach Weber[2]) der Gehalt an Kalk, Magnesia und Kieselsäure, dagegen verringert sich der Kaligehalt etwa auf die Hälfte, der Phosphorsäuregehalt auf ein Viertel.

Die allmählichen Umbildungen des Haut- und Rindengewebes verlaufen in folgender Weise. An jungen, hell grünlichgelben Trieben bilden die Blattkissen lange, etwa 1 mm breite, dicht neben einander liegende, flache Rippen (Fig. 76), welche schon im zweiten Jahre auseinander gedrängt werden und weiterhin aus ihrer anfänglich parallelen Lage in unregelmässig geschlängelte Linien übergehen, um endlich bis auf die kurzen Höckerchen der Blattnarben, welche noch an fingerdicken Zweigen zu sehen sind, ganz zu verschwinden. In der primären Anordnung ist die Epidermis glatt und glänzend und wird durch ein 1—3schichtiges Hypoderm kleiner, stark verdickter Zellen verstärkt. Die äusserste Lage der Rindenzellen entwickelt sich, Mitte Juli von der Basis der diesjährigen Triebe her beginnend, zu einem Phellogen, welches das lange Zeit an seiner Innengrenze fortwachsende Periderm erzeugt. Eine in der Mitte desselben verlaufende Korkzellenreihe wird in der Regel schon am Ende der ersten Vegetationsperiode, wo auch bereits die Abstossung der Epidermis beginnt, sklerotisch (53). Die Tätigkeit dieses Oberflächenperiderms hält lange Zeit, nach Mohl[3]) bis zum 18. Jahre an; in ihm treten nach Stahl[4]) auch Lenticellen auf, welche aus dem Phellogen hervorgehen und bedeutend später entstehen als das Periderm. An den jungen mit Periderm umkleideten, aber noch lenticellenlosen Zweigen kommuniziert die Binnenluft durch die Spitze der Kurztriebe mit der Aussenluft.

Auf jungen Bäumen oder jungen Zweigen älterer Bäume scheidet sich besonders in heissen Sommern, aber anscheinend sehr selten und nur im Dep. des Hautes Alpes, die sog. Manna von Briançon aus, welche in der Hauptsache aus Melezitose, einer zur Rohrzuckergruppe gehörenden Zuckerart ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$) besteht (80).

Die Borkebildung beginnt tief unter dem Periderm und der dabei erzeugte Kork erreicht kolossale Dimensionen. Die Tätigkeit der hier auftretenden Phellogene dauert 1—5 Jahre, die äusseren Korklagen sklerotisieren zu einer zusammenhängenden Steinplatte und sind scharf abgegrenzt von dem zartzelligen Schwammkork, welcher deutliche Jahrringbildung zeigt, indem seine Zellen periodisch von der kubischen in eine platte Form übergehen. Durch Sklerotisieren des Phelloderms wird der Schwammkork auch inwendig von Steinplatten begrenzt, welche glatt sind und auf dem Querschnitt als derbe, rosenrote, quergezogene Maschen in der rotbraunen Borke erscheinen. Die Borkeschuppen sind flach muschelig mit unregelmässig zackigem Umriss, an frischen Ablösungsstellen schön rot gefärbt (53). Aussen reisst die Borke mit zunehmendem Alter der Länge und der Quere nach auf, wird sehr stark schuppig und erreicht eine ausserordentliche

[1]) Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882. S. 737.
[2]) Forstlich-naturwissensch. Zeitschrift. Bd. 2, 1893, S. 209.
[3]) Botan. Zeitung. Bd. 17, 1859, S. 337.
[4]) Botan. Zeitung. Bd. 31, 1873, S. 599.

Mächtigkeit, wobei sie von bis zu 10 cm tiefen Furchen durchzogen sein kann (30). Sie enthält nach Weber (a. a. O.) sehr viel Kali und Phosphorsäure und nach Councler[1]) 9.4% Gerbstoff in der Trockensubstanz. Nach Flury[2]) zeigt das Rindenprozent am unteren Stammende verhältnismässig hohe Werte (bis zu 26.6%), sinkt nach oben rasch und nimmt dann wieder schnell so zu, dass es gegen die Derbholzgrenze hin ungefähr wieder so viel beträgt wie an der Basis.

Über die Entstehung, das Wachstum und die Verteilung der Harzkanäle in den verschiedenen Organen der Lärche liegt eine eingehende Untersuchung von H. Mayr[3]) vor, welcher im folgenden das in ökologischer Hinsicht Wichtige entnommen ist. Die einjährige Lärche verhält sich wie die junge Fichte, im 2jährigen Pflänzchen wird der Holzteil des Stengels von einer verschieden grossen Anzahl (bis 6) von Harzgängen durchzogen; im epikotylen Stengelgliede sind schon im 1. Jahre Holz- und Bastharzgänge vorhanden, ausserdem auch Rindengänge, welche der innern primären Rinde angehören und mit denen des Bastes und Holzes nicht zusammenhängen. In den Kurzzweigen finden sich in der inneren primären Rinde 8 oder 13 Harzlücken von elliptischer oder kugeliger Gestalt und 0,5 mm Durchmesser; sie sind im Querschnitt kreisförmig angeordnet und stehen weder mit den Harzgängen der Nadeln noch mit den Harzlücken des vorausgehenden oder folgenden Jahrestriebes in Verbindung. Am jährigen Kurztrieb sind nur 2—3 dieser Harzlücken vorhanden, erst im folgenden Jahre treten die übrigen auf. In den einjährigen Langtrieben liegen im Hypoderm Harzgänge, meist zu 2 in jedem Blattkissen, welche sich nur auf die Länge eines Internodiums erstrecken und mit denen der Nadeln keine Verbindung haben; sie endigen unten blind und sind in ihrem oberen Drittel erweitert. Schon um die Zeit der ersten Peridermbildung werden sie ausser Funktion gesetzt und in die Korkschichten einbezogen.

Nachdem im Holzkörper die ersten vertikalen Harzgänge aufgetreten sind und das Cambium sich zu einem Ringe geschlossen hat, entstehen im Bastteil die Harzlücken als blinde und isolierte Endigungen horizontaler Markstrahlenharzgänge, welche von einem Vertikalgang des Holzes ausgehen. Später obliteriert das Zwischenstück im Holz- und Bastteile, sodass am Schluss des ersten Vegetationsjahres nur isolierte, kugelige oder elliptische Harzlücken unmittelbar unter der inneren primären Rinde vorhanden sind. Im 1. Jahr hat die Harzlücke einen Tangentialdurchmesser von 0,1 mm, im 2. Jahre erweitert sie sich auf 0,2—0,3 mm, und im neugebildeten Bastteil entstehen abermals Harzlücken und korrespondierende Vertikalgänge im Holz. Im 3. Jahre wiederholt sich dasselbe und obliterieren für die Mehrzahl der Harzlücken die Verbindungsgänge; diese sind stets in einen Markstrahl eingeschlossen und wachsen im Cambium im Verhältnis zu dessen Tätigkeit, infolge der tangentialen Zerrung erweitern sie sich um so mehr, je weiter sie nach aussen liegen. Etwa vom 8. Jahre an erfolgt durch Peridermbildung bereits eine Ausschneidung der ältesten Harzlücken, und vom 25. Jahre an ist wohl kaum mehr eine lebende Harzlücke vorhanden, es durchsetzen den Bast nur horizontale Harzgänge. Durch die Borkeschuppen werden deren Enden in derselben Weise, wie bei der Fichte, abgeschnitten; da die nicht mehr funktionierenden Kanäle sich mit einem Füllgewebe verstopfen, innerhalb dessen die Korkschicht durchsetzt, so kann bei der Loslösung der Schuppen kein Harzerguss stattfinden. Der Holzkörper wird von den vertikalen und den Markstrahlkanälen durchzogen, die Länge der ersteren ist nicht unbegrenzt, sondern beträgt wohl nie über 50 cm, sie enden entweder

[1]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Bd. 16, 1884, S. 1.

[2]) Mitteil. d. Schweizer. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 5, 1897, S. 203.

[3]) Botan. Centralblatt. Bd. 20, 1884, S. 150 ff.

beiderseits blind, oder legen sich mit einem Ende an Nachbarkanäle an. Mit Hilfe der Horizontalkanäle stellen sie ein zusammenhängendes System dar. — In den Wurzeln sind anfangs 2 an der Aussenseite der beiden primären Bastteile liegende Harzgänge vorhanden, welche sich beim Dickenwachstum radial erweitern und nach Zustandekommen des Holzringes zahlreiche Markstrahlharzgänge aus sich hervorgehen lassen; später verhalten sich die Kanäle ebenso, wie die im Stammholz.

Der in den Harzgängen enthaltene Terpentin besteht (80) aus ungefähr 15% Öl und 85% Harz; genauer ist seine Zusammensetzung von Tschirch und Weigel[1]) untersucht worden, wonach er aus freien Harzsäuren, nämlich der kristallinischen Laricinolsäure $C_{20} H_{30} O_2$ und vorzugsweise der amorphen Larinolsäure $C_{18} H_{26} O_2$, ferner aus einem resenartigen Körper, aus ätherischem Öl, wenig Bernsteinsäure, Bitterstoff, Farbstoff und Wasser besteht.

Einen ausreichenden Schutz gegen Verletzungen durch höhere Tiere gewährt der Harzgehalt der Blätter und Achsenorgane den Lärchen nicht, da sie (95) vom Vieh ebenso verbissen werden, wie die Fichte, und auch vom Wild starke Beschädigungen erleiden (150).

Die Lärche wird bei freiem Stand etwa im 15. Jahre, im Schlusse mit 20 bis 30 Jahren blühbar, an sonnigen trockenen Standorten tritt die Mannbarkeit noch früher ein, doch enthalten dann die Zapfen meistens taube Samen; an günstigen Örtlichkeiten ist alle 3—4 Jahre, meistens aber nur alle 7—10 Jahre eine reichliche Samenernte. Wie alle andern Nadelhölzer ist die Lärche anemogam; sie gehört zu den einhäusigen Arten und zeigt in der Hervorbringung ihrer männlichen und weiblichen Blüten gewisse Regeln, welche von F. W. C. Areschoug (3) genauer festgestellt worden sind. Alle Blüten gehen aus Kurzzweigen hervor, deren Entwickelung damit zugleich abschliesst, und zwar produziert nur eine geringe Anzahl von Kurzzweigen schon im 1. Lebensjahre Blüten, die alsdann immer weiblich sind, meistens werden die Kurzzweige im 2. oder 3., selten im 4. Jahr blühbar; weibliche Kurzzweige findet man vorzugsweise auf den Nebenachsen 1. und 2. Ordnung, männliche auf denen 2.—4., sehr selten 1. Ordnung. Es können demnach männliche und weibliche Blüten in unmittelbarer Nachbarschaft beisammen stehen (Fig. 81). Im allgemeinen bestätigt sich auch bei der Lärche das Gesetz, welches überhaupt für einhäusige Bäume gilt, dass nämlich die männlichen Blüten auf den weniger entwickelten und weniger lebenskräftigen Achsenorganen entstehen. Männliche Blüten sind immer in einer viel grösseren Anzahl vorhanden, als weibliche. In selteneu Ausnahmefällen sind Zwitterblüten beobachtet worden, welche aus weiblichen Blüten dadurch hervorgehen, dass das grüne Nadel-



Fig. 81. *Larix decidua.* Zweig mit einer aufrechten weiblichen und mehreren abwärts gewendeten männlichen Blüten in natürlicher Lage. 1:1. (Nach Hempel und Wilhelm).

[1]) Archiv der Pharmacie. Bd. 238, 1900, S. 387.

büschel, welches diese normal am Grunde umgibt, vollständig oder in seinem oberen Teil zu Staubblättern umgewandelt wird.[1])

Die Blütezeit fällt, gleichzeitig mit dem Laubausbruch, je nach der Höhenlage zwischen Mitte März und Mitte Mai (Giessen durchschnittlich 6. April). Die weiblichen Blüten sind an ihrem Grunde von einem Nadelbüschel und unterhalb dieses von den Knospenschuppen umgeben; zwischen den obersten Nadeln und den untersten normalen Deckschuppen der Blüte finden sich Übergangsformen zwischen beiden in Gestalt verkürzter, am Grunde schuppig verbreiterter Nadeln (30). Die weiblichen Blüten sind ausgesprochen negativ geotropisch, sodass ihr Stiel sich unter allen Umständen scharf nach oben wendet



Fig. 82. *Larix decidua.* Weibliche Blüte, am Grunde von Schuppen und Laubblättern umgeben und aus einem 3jährigen Kurzzweig hervorgehend, an dem die Narben der abgefallenen Laubblätter und die Knospenspuren kenntlich sind. 6:1. (Orig. K.)

und die Blüte aufrecht steht (23). Sie ist von einer rundlich-eiförmigen Gestalt (Fig. 81, 82), 10—15 mm lang und ähnelt der von *Abies* insofern, als die grossen Deckschuppen die kleinen Fruchtschuppen vollständig verdecken und die Leitung des Pollens zu den Samenanlagen übernehmen. Die Deckschuppen zeigen eine lebhaft dunkelrote Färbung, die wohl als Schutzmittel gegen niedere Temperaturen aufzufassen ist, sind dünn, verkehrteiförmig mit einer langen, in der End-

[1]) H. Mayr, a. a. O — F. Noll in Sitzungsber. d. Naturf. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. Bd. 49, 1892, S. 57.

ausrandung stehenden Spitze, vorn und an den Seitenrändern etwas abwärts gebogen, am Grunde steil aufgerichtet. Selten sind die Deckschuppen und damit die ganze weibliche Blüte grünlichweiss oder schneeweiss, bisweilen auch rötlichgelb oder schwefelgelb gefärbt. Am Grunde der Deckschuppe liegt die kleine, hellgrüne Fruchtschuppe (Fig. 83) jener dicht an; sie ist nur so gross, dass die beiden Samenanlagen darauf Platz finden, deren nach innen gerichtete Mikropylen in helmförmige, nach oben und innen gewandte Lappen ausgezogen sind (73, 74). In der Achsel der Fruchtblätter stehen, in 2 Büschel angeordnet, Haare, die sich meistens aus 3 Zellen zusammensetzen und zum Teil aus der Epidermis der Zapfenspindel, zum geringeren aus derjenigen des Fruchtblattes ihren Ursprung nehmen; A. Kramer,[1]) der diese Haarbildungen beobachtet hat, ist geneigt, ihnen eine Funktion beim Auffangen des zwischen die Schuppen geführten Pollens zuzuschreiben.

Die männlichen Blüten (Fig. 81) tragen an ihrer Basis keine Nadeln, sind stets nach abwärts gerichtet und positiv geotropisch; sie sind von eiförmig-kugeliger Gestalt, 5—10 mm lang, denen der Tanne und Fichte ähnlich, und haben eine schwefelgelbe Farbe. Die Antheren (Fig. 84) tragen einen abgerundeten, grünen Konnektivkamm und wenden wegen der umgekehrten Lage der Blüte ihre beiden

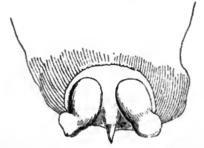


Fig. 83. *Larix decidua.* Unteres Ende einer Deckschuppe mit der Fruchtschuppe, welche die 2 Samenanlagen trägt, von oben gesehen. 15 : 1. (Orig. K.)

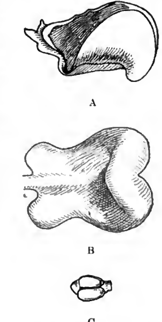


Fig. 84. *Larix decidua.* Staubblätter. A in natürlicher Lage von der Seite gesehen, von den beiden geöffneten Pollensäcken der eine sichtbar, mit seinem „Ausguss"; B dasselbe von oben gesehen; C ein Staubblatt von der (morphologischen) Unterseite gesehen, mit noch geschlossenen Pollensäcken. A und B 20 : 1, C 6 : 1. (A, B nach Goebel, C Orig. K.)

Pollensäcke nach oben; sie öffnen sich durch einen Riss, welcher schief zur Längsachse des Pollensackes ansetzt und dadurch dessen Wand in einen kleineren nach oben gewendeten und einen grösseren unteren Teil zerlegt. Beim Austrocknen schrumpft die Wand zusammen, der Riss erweitert sich infolgedessen und die Wand nimmt eine solche Gestalt an, dass sie einen nach unten führenden „Ausguss" liefert (Fig. 84 A), durch welchen die Pollenkörner in kurzer

[1]) Beiträge zur Kenntnis der Entwickelungsgeschichte und des anatomischen Baues der Fruchtblätter der Cupressineen und der Placenten der Abietineen. Dissert. Leipzig 1885. S. 31.

Zeit entleert werden (23). Diese besitzen keine Luftsäcke, sind halbkugelig, blassgelb, mit glatter Exine versehen, 0,075—0,087 mm gross (74, 209) und enthalten reichliche Stärke; bei Benetzung mit Wasser quillt die Intine stark auf, sprengt die Exine und wirft sie häufig ab (11).

Die Bestäubung erfolgt im wesentlichen wie bei *Abies*, indem die auf die weiblichen Blüten vom Winde übertragenen Pollenkörner von den Deckschuppen, auf denen sie hinabrollen, den kleinen fleischigen Fruchtschuppen zugeleitet werden, an deren abgerundeten Rändern sie weiter abwärts gleiten. Hierbei müssen sie auf die Mikropylenlappen fallen und in die Mikropyle aufgenommen werden. Nach erfolgter Bestäubung verdorrt der helmförmige Mikropylenfortsatz sehr bald und hilft dazu, die Mikropyle zu schliessen, die Zapfen behalten ihre aufgerichtete Stellung immer bei, die Fruchtschuppen, welche zusammenhängende Systeme von Harzkanälen besitzen, wachsen bedeutend heran, während die Deckschuppen in ihrer Entwicklung stehen bleiben und vertrocknen (73, 74). Zum Schutz der jungen Samenanlagen legen sich die Fruchtschuppen dicht aufeinander, und die auf der Blütenachse, sowie auch am Schuppenrande stehenden Haare umhüllen die jungen Samen (79). Die Ausbildung der Samen ist häufig mangelhaft, besonders ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Lärche; auch scheint Geitonogamie erfolglos zu sein, da nach einer Mitteilung von Körnicke[1]) ein isoliert stehender Baum nur Zapfen mit tauben Samen trug.




Fig. 85. *Larix decidua.* Samen mit Flügel, links von der inneren, rechts von der äusseren Seite. 3:1. (Orig. K.)

Die Zapfen beginnen Mitte September zu reifen, sind länglich-eiförmig, $2^1/_2$—4 cm lang und von hellbrauner Farbe, variieren indessen in ihrer Grösse und in der Form ihrer Schuppen. Zu Beginn des Frühlings im 2. Jahre fangen sie an, ihre Schuppen zu öffnen, schliessen sie aber wieder, wenn rauhe und feuchte Witterung eintritt, und ganz allmählich rücken die Samen zwischen den Schuppen hervor, sodass die ersten etwa nach 4 Wochen ausfliegen. Manche bleiben anfangs auf den auseinandergesperrten Schuppen wie auf einem Löffelchen liegen und werden dann vom Winde fortgetragen, aber für die Mehrzahl ist ein stossartiges Rütteln der Zapfen zu ihrer Befreiung erforderlich, was vielleicht durch körnerfressende Vögel oder Eichhörnchen vollzogen wird.[2]) Auch dadurch machen Eichhörnchen, Fichten- und Kiefernkreuzschnabel die Samen aus den Zapfen frei, dass sie diese zerreissen. Darüber kann oft längere Zeit vergehen, sodass man selbst in alten Zapfen, deren Spindel bereits morsch geworden ist, noch einige Samen finden kann. Dieselben (Fig. 85) sind von glänzend hellbrauner Farbe, dreieckig-eiförmig, 3—4 mm lang, mit einem ebenso gefärbten, 13 mm langen, 5 mm breiten Flügel versehen, und werden vom Winde in derselben Weise transportiert, wie die Fichtensamen. Sie wiegen mit dem Flügel 7,7—9,3, durchschnittlich 8 mgr, im entflügelten Zustand 4,3—8,3, durchschnittlich 5,9 mgr. Der Flügel bleibt immer mit dem Samen verwachsen, bedeckt ihn auf der oberen Seite ganz, auf der unteren nur an der äussersten Spitze; die Samenschale ist hart und enthält keine Harzgänge, der farblose Embryo liegt in dem ölhaltigen Nährgewebe und trägt 5—7 Kotyledonen. Der frische Samen enthält

[1]) Verhandl. d. Naturhist. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. Bd. 47, 1890. Korresp.-Blatt S. 92.

[2]) Weise in Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 19, 1887, S. 5.

10,81% Wasser, 10,98% Ätherextrakt, 52,09% Rohfaser, 4,02% Proteïn, 2,29% Asche, 19,81% Harze und stickstofffreie Extraktstoffe.[1]) Die leeren Zapfen bleiben noch lange am Baum hängen und fallen oft mit den sie tragenden Zweigen ab.

Eine vegetative Vermehrung besitzt die Lärche unter natürlichen Entwicklungsverhältnissen nicht, das Vorkommen von Wurzelausschlägen, wovon in der forstlichen Literatur Erwähnung geschieht, ist zweifelhaft.[2]) Dagegen gehen Absenker und selbst Stecklinge an (150), und besitzt der Baum die Fähigkeit, nach dem Abhieb des Stammes aus Adventivknospen Stockausschläge, ähnlich wie die Laubhölzer, zu treiben (224), auch hat man die Bildung von Überwallungswülsten an gefällten Stäummen im ersten Jahr nach der Fällung beobachtet.[3]) Hie und da vorkommende umfangreichere oder vollständige Überwallung von Stümpfen ist auf Verwachsung der Wurzeln mit solchen noch lebender Bäume zurückzuführen (150, 30). Als Unterlage eignet sich die Lärche zur Veredelung nicht nur mit andern *Larix*-Arten, sondern auch mit Cedern.[4])

5. Gattung. **Pinus Mill.**

5. Pinus silvestris L., Gemeine Kiefer. (Bearbeitet von Kirchner.)

Unter allen einheimischen Nadelbäumen besitzt die immergrüne, fakultativ mykotrophe Kiefer den grössten Verbreitungsbezirk, weil sie extreme Temperaturen erträgt und mit niederem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und geringen Wasser- und Nährstoffmengen im Boden sich begnügt. Neuere Untersuchungen von P. E. Müller,[5]) A. Moeller[6]) u. A. machen es wahrscheinlich, dass sie in ihren Mykorrhizen ein Mittel zur Assimilation des atmosphärischen Stickstoffes besitzt. Sie kommt noch in Gegenden fort, in denen, wie in Ostsibirien, im Winter Temperaturen von — 40° C und darunter eintreten und die Vegetationszeit kaum 3 Monate beträgt; sie erträgt aber auf der andern Seite auch ein Klima, in welchem die winterliche Ruhe nur 3—4 Monate andauert und maximale Temperaturen von über 35° C vorkommen. Reichlicher Sonnenschein während der Vegetationsperiode sagt der Kiefer besonders zu, dagegen flieht sie Gegenden, in denen während der warmen Jahreszeit der Himmel anhaltend bewölkt ist oder häufige Nebel eintreten; deshalb kommt sie in Gebirgen viel weniger vor als in der Ebene (224). In Gebirgen verlangt sie sonnige Lage, sodass sie z. B. im württembergischen Schwarzwald auf mittleren oder besseren Böden, wo sie mit der Tanne in Konkurrenz tritt, sich auf die Süd-, Südwest- und Westlagen, besonders auf die stärker geneigten Hänge zieht, im übrigen mit solchen Böden vorlieb nimmt, welche der anspruchsvollen Tanne nicht mehr genügen.[7]) Analog verhält sie sich nach Radde im Kaukasus.

Die Transpirationsgrösse der Kiefer (in 1 Jahr auf 100 g Blatttrockensubstanz 10372 g Wasser) ist zwar erheblich grösser als diejenige der Tanne (32, 33), weist aber deutlich auf die Zugehörigkeit des Baumes zu der Vereinsklasse der xerophilen Nadelbäume hin; wegen ihres tiefgehenden und sich weit ausbreitenden Wurzelsystems ist die Kiefer im stande, ihren Wasserbedarf aus einem viel trockeneren Boden zu decken, als die Tanne. Sie ist zwar entschieden kieselhold,

[1]) L. Jahne in Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. Bd. 7, 1881, S. 364.
[2]) J. Hamm a. a. O.
[3]) Beling in Monatsschr. f. d. Forst- u. Jagdwesen. 1874, S. 128.
[4]) O. Teichert in Lebl's Illustr. Gartenzeitung, Bd. 25, 1881, S. 35.
[5]) Studien über die natürlichen Humusformen, Berlin 1887.
[6]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 34, 1902, S. 197. Bd. 35, 1903, S. 257 u. 321.
[7]) v. Uexküll-Gyllenband in Monatsschr. f. d. Forst- u. Jagdwesen. 1877, S. 15—24.

aber doch nicht an eine bestimmte geognostische Unterlage gebunden und kommt, sofern nur das Gestein genügend zerklüftet ist, um die Ansammlung von Humus zu gestatten und dem Wurzelwachstum Raum zu geben, auf Granit, kristallinischem Schiefer, Porphyr, Basalt, Phonolith, auf Kalk, Dolomit, Sandstein u. a. vor. Am besten gedeiht sie auf einem tiefgründigen, lockern, im Untergrund mässig feuchten, lehmigen Sandboden, wie er ihr in diluvialen Ebenen z. B. Norddeutschlands geboten ist; doch nimmt sie auch mit magerem Sandboden vorlieb und kümmert auf solchem nur, wenn er auch in der Tiefe trocken ist. Auch auf frischen, humosen und fruchtbaren Böden gedeiht der Baum, weniger dagegen auf sehr schwerem, anhaltend nassem, besonders torfigem Boden (224); doch kommt er auch auf solchem vor und zeigt sich in Schweden auf Mooren der Fichte überlegen, die ihn sonst auf allen andern Bodenarten, wo er mit ihr in Konkurrenz tritt, verdrängt.[1]) Die auffallende Erscheinung, dass die Kiefer sowohl auf äusserst trockenem und warmem, wie auch auf sehr feuchtem und kaltem Boden wachsen kann, erklärt sich vielleicht dadurch, dass kalter Boden trotz seiner Feuchtigkeit als „physiologisch trocken“ anzusehen ist und die Atmung der Wurzeln durch seine Armut an Sauerstoff erschwert (205). An die mineralischen Nährstoffe im Boden machen erwachsene Kiefern sehr geringe Ansprüche, da bei Hochwaldbetrieb durch 80—100jährige Bäume dem Boden pro Jahr und Hektar in der Holzernte nur 12—16 kg Mineralstoffe, darunter 2—3 kg Kali, 7—11,5 kg Kalk und 0,8—1,9 kg Phosphorsäure entzogen werden (18); auch der Stickstoffbedarf ist bei der Kiefer geringer als bei Tanne und Fichte, denn vom Kiefernwald werden bei mittlerer Produktion pro Jahr und Hektar 34,3 kg Stickstoff (gegenüber 37,5 kg bei Fichte und 41 kg bei Tanne) aufgenommen.[2]) In der frühen Jugend sind die Ansprüche der Kiefer an den Boden grösser; nach den Untersuchungen von L. Dulk[3]) wurden einer Saatschule durch einjährige Kiefern pro Hektar 11,1 kg Phosphorsäure, 19,5 kg Kalk, 3,4 kg Magnesia und 23,5 kg Kali entzogen.

Die Verbreitung der Kiefer erstreckt sich über fast ganz Europa und einen grossen Teil Nordasiens; ihre Nordgrenze verläuft vom 70. Breitegrad an der Nordwestküste Norwegens über den Parsanger Fjord (70° 20′) durch Lappland unter 68° 50′ zum Südufer des Enaresees und längs des Nendamjokiflusses zum Pasvigfjord (69° 30′) am Eismeer, von der Kolabucht geht die Grenze durch die Halbinsel Kola und das weisse Meer ins Petschoragebiet unter 67° 15′ und weicht von hier nach Süden zurück, wobei der Ural wahrscheinlich unter 64° getroffen wird; in Sibirien hält sich die Nordgrenze südlich vom Polarkreis und erreicht am Südabhange des Werchojanski'schen Gebirges etwa bei 150° östl. Länge ihren östlichsten Punkt (224). Mit der Fichte bildet die Kiefer die Nordgrenze der Nadelwaldregion, in Westskandinavien die erstere noch überholend, in Russisch-Lappland mit ihr gleichen Schritt haltend, in den russisch-sibirischen Wäldern durchaus und oft bedeutend hinter der Fichtengrenze zurückbleibend; überall zieht sie sich auf trockenen oder frischen Boden zurück und kommt an nassen Standorten nicht fort, tritt aber bis zu ihrer Grenze baumartig, z. T. in Exemplaren auf, deren Alter sich bei einem Stammdurchmesser bis zu 74 cm auf mindestens 600 Jahre, wahrscheinlich aber noch mehr beläuft (96). Die Ostgrenze des Baumes zieht sich nach Süden zum Stanowojgebirge, durch das Gebiet der Seja zum oberen Amur und auf nicht genau bekanntem Wege in die Gebirge Dahuriens, des Baikalischen Sibirien und zum Altai. Die Südgrenze verläuft unregelmässig durch Südrussland, vom Ural unter etwa 52° gegen 54° 30′ im Tula'schen Gouvernement, von da südwärts, Charkow einschliessend, bis zum 49.

[1]) Henning, E., nach Botan. Jahresber. Bd. 23, 1. Abt., 1895, S. 353.
[2]) Ebermayer, E., Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882, S. 67.
[3]) Monatsschrift für Forst- u. Jagdwesen. 1874, S. 289.

Breitegrade und etwa unter 50° die Grenze von Galizien treffend, südlich nach Siebenbürgen, den Karpathen folgend zum Berge Kopavnik in Serbien, durch die Gebirge Dalmatiens und Kroatiens, durch Illyrien, Venetien und die Lombardei nach dem ligurischen Apennin; von hier springt die Südgrenze auf die Seealpen über, biegt nordwärts nach den Cevennen und der Auvergne, wendet sich über die Ostpyrenäen hinweg nach Catalonien und durch die Gebirge von Süd-Arragonien und Nord-Valencia nach der Sierra Nevada, wo sie unter 37° den südwestlichsten Punkt erreicht. Weit entfernt von dieser Südgrenze liegt noch ein isolierter Kiefernbezirk, welcher die Gebirge der Krim und Teile von Kaukasien, Kleinasien und Persien umfasst. Die Westgrenze der Verbreitung geht von der Sierra Nevada durch die Gebirge von Avila und der Provinz Leon und setzt von hiei nach Schottland und dem nordwestlichen Norwegen über. Innerhalb dieses grossen Bezirkes ist die Kiefer sehr ungleichmässig verteilt; hinsichtlich ihrer Verbreitung in Nord- und Mitteldeutschland haben die sehr sorgfältigen Untersuchungen von A. Dengler[1]) zu dem Ergebnis geführt, dass hier ihr natürliches Gebiet, auf welches sie nach der letzten Eiszeit von den übrigen neu einwandernden Holzarten, vor allem von der Buche, zurückgedrängt worden ist, in einen grossen geschlossenen Hauptkomplex im Osten und mehrere vorgeschobene Inseln im Westen zerfällt. Die Westgrenze des Hauptgebietes, in welchem die Kiefer zur Bildung reiner Bestände auf grossen Flächen neigt und sich zu einem hohen Grade von Vollkommenheit entwickelt, läuft etwa von Wismar südlich über Hagenow zur Elbe, folgt dann im wesentlichen dem Laufe dieses Stromes bis zur Mündung der Saale, um von dort auf deren östliches Ufer überzugehen, bei Rudolstadt überschreitet sie die Saale nach Westen, umfasst in zwei zungenartigen Ausbuchtungen den hohen Thüringer Wald auf seineu nördlichen und südlichen Vorbergen, und tritt zwischen Koburg und Sonneberg auf bayerisches Gebiet über. In den westlich vorgeschobenen inselartigen Verbreitungsgebieten ist das urwüchsige Vorkommen der Kiefer mehr oder minder sporadisch; das grösste dieser Gebiete liegt im nordwestdeutschen Tiefland etwa zwischen den Eckpunkten Harburg, Diepholz, Gifhorn, Helmstadt, Letzlinger Heide, Göhrde, ein zweites kleines um Harz um Wernigerode, eine dritte Insel zieht sich als schmales Band von Eisenach bis in die Nähe von Marburg durch das hessische Bergland, und die vierte nimmt die Niederung des Rhein- und Maintales zwischen Taunus und Odenwald ein. In Deutschland finden sich die ausgedehntesten und zugleich meist reinen Bestände in den sandigen Ebenen von Ost- und Westpreussen, Pommern, der Mark Brandenburg, Posen, Ober-Schlesien, der Provinz und des Königreiches Sachsen, bei Nürnberg, ferner auch im nordwestlichen Deutschland; im Süden des Gebietes bildet sie in den Gebirgen kleinere Wälder, in den sandigen Ebenen und Tälern auch grössere Waldungen (**224**). Denn die Kiefer ist vorzugsweise ein Baum der Ebene. Im Süden steigt sie in Spanien bis zu 2100 m Höhe in den Gebirgen hinauf, im Kaukasus in Krüppelform sogar bis 2743 m, die Baumgrenze bildend, in den Pyrenäen bis zu ca. 1600 m, in den Schweizer Alpen bis 1800 m, im Maximum im Wallis bis 1950 m, im Puschlav sogar bis 2200 m,[2]) im Engadin bis 1950 m, in den bayerischen Alpen bis 1600 m. Weiter nach Norden sinkt die obere Verbreitungsgrenze immer tiefer herab, in den Vogesen auf 1200 m, im Schwarzwald auf 1000 m, im Riesengebirge auf ca. 800 m, im südlichen Norwegen auf 940 m, im mittleren Norwegen auf 630 m und im Zentrum der Halbinsel Kola (**96**) auf

[1]) Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Verbreitungsgebiete einiger forstlich und pflanzengeographisch wichtigen Holzarten in Nord- und Mitteldeutschland. I. Die Horizontalverbreitung der Kiefer. Neudamm 1904.

[2]) Noch unveröffentlichte Mitteilung von H. Brockmann.

200—250 m; überall bleibt dabei die Kiefer hinter der Fichte bedeutend zurück und bildet in höheren Gebirgslagen keine geschlossenen Wälder mehr, sondern tritt meist nur horstweise oder vereinzelt auf (224).

Der „Kiefernheidewald" ist nach Drude (36) eine der vornehmsten Waldformationen der norddeutschen Niederung und erstreckt sich tief nach Süden auf den dürren sandigen Höhen zerstreut, meistens mit *Betula verrucosa* vereint; nur diese beiden anspruchslosesten Bäume können sich auf dem magern Boden erhalten. Der Mangel an reicherem Unterholz von Laubbüschen kennzeichnet den ausgeprägten Kiefernwald.

Die Bodenvegetation des Kiefernwaldes besteht wegen der Magerkeit und Trockenheit des Bodens, sowie wegen der reichlichen Durchlüftung und des Eindringens des Sonnenlichtes vorzugsweise aus Xerophyten, und wegen der Mineralarmut des Bodens besonders aus kieselholden Arten. Im geschlossenen Kiefernwald ist der Boden mit abgefallenen Nadeln bedeckt, zwischen denen sich der Beginn eines Moosüberzuges oder auch eine Moosdecke ausbildet und verschiedene Gräser und Kräuter nebst kleinen Sträuchern gedeihen. Bisweilen finden sich statt der Moose Strauchflechten, wie *Cetraria islandica* und *Cladonia*-Arten, zwischen denen im Norden *Calluna vulgaris, Linnaea borealis, Arctostaphylos Uva ursi, Pirola*-Arten, *Lycopodium clavatum* und *L. annotinum, Potentilla silvestris, Viola canina, Majanthemum bifolium* u. a. eingesprengt sind. In andern Fällen sind Wachholdersträucher, *Vaccinium Myrtillus, V. uliginosum, V. Vitis Idaea, Calluna, Populus tremula* und *Empetrum nigrum* häufiger und höher (205). Als Begleitpflanzen der Kiefer in Norddeutschland führt F. Höck[1]) die folgenden an: *Thalictrum minus, Trifolium alpestre, T. montanum, Fragaria viridis, Potentilla opaca, Linnaea borealis, Campanula glomerata, Ledum palustre, Pirola uniflora, Cephalanthera rubra, Polygonatum officinale, Phleum Boehmeri, Koeleria glauca* — diese ostwärts bis nach Sibirien verbreitet; ferner *Pulsatilla pratensis, P. vernalis, Helianthemum Chamaecistus, Polygala comosa, Dianthus Carthusianorum, Silene Otites, Alsine viscosa, Coronilla varia, Ervum silvaticum, E. cassubicum, Peucedanum Oreoselinum, Scabiosa suaveolens, Chondrilla juncea, Hieracium echioides, Pirola chlorantha, Chimophila umbellata, Veronica spicata, Thesium ebracteatum, Euphorbia Cyparissias, Goodyera repens, Carex ericetorum.* Die Kiefernwälder des Wallis begleiten *Arctostaphylos Uva ursi, Astragalus exscapus, Achillea tomentosa, Viola arenaria, Adonis vernalis, Vicia Gerardi, Koeleria gracilis* (19).

Die Keimfähigkeit der Kiefernsamen beträgt (bei Handelsware) durchschnittlich 69% und hält sich 3—4 Jahre. Aus nördlichen Ländern (Schweden) stammende Samen sollen[2]) sich von solchen mehr südlicher Abstammung durch höhere Keimungsenergie und grössere Keimfähigkeit unterscheiden, und auch aus höheren Lagen bezogene Samen keimten bei den Versuchen von Kienitz (36) schneller als die aus tieferen Lagen abstammenden. Nach den Untersuchungen von A. Bühler[3]) liefern grössere Samen im allgemeinen kräftigere Pflanzen. Die Keimung verläuft durchgehends etwas schneller als bei den Fichtensamen; das Temperaturminimum für die Keimung liegt bei 7° C, die meisten Samen keimen aber erst bei höheren Temperaturen, und zwar von 11° C ansteigend (36), eine Wärme von 17,5—20° C ist die für die Keimung günstigste Temperatur, während eine weitere, auch eine intermittierende Erwärmung dieselbe ungünstig beeinflusst.[4]) Bedeckung der

[1]) Berichte d. Deutschen Bot. Ges. Bd. 11, 1893, S. 242—248.

[2]) Petermann, A., nach Bot. Jahresber. Bd. 5, 1877. S. 880.

[3]) Mitteil. d. Schweizerischen Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen, Bd. 1, 1891, S. 87.

[4]) Jaschnow, L., nach Bot. Jahresber. Bd. 13. Abt. 1. 1885. S. 20. — Kinzel, W., in Landwirtsch. Vers.-Stationen. Bd. 54. 1900. S. 134.

Samen mit Humusboden wirkt günstig auf die Keimung, die vorteilhafteste Tiefe der Bedeckung ist 10—15 mm (Bühler a. a. O.). Der Keimungsvorgang selbst (Fig. 86) verläuft in der Hauptsache wie bei der Tanne und Fichte; die im Boden abwärts wachsende Keimwurzel ist von einer lockern Hülle umgeben, welche als mächtig entwickelte Wurzelhaube die Wurzelspitze überzieht und an ihrem oberen Ende mit den Resten des Embryosackes zusammenhängt; sie sowohl, wie die oberflächlichen Schichten der Wurzel selbst, zerreissen in Längsfäden, welche eine schleimige Beschaffenheit annehmen und an Stelle der mangelnden Wurzelhaare die Befestigung der Wurzel an die Erdpartikel besorgen (101). Durch Streckung des Hypokotyls werden die Kotyledonen, einer nach dem andern, aus den Resten des von der gespaltenen Samenschale umgebenen Nährgewebes herausgezogen und treten über den Boden hervor; so lange sie noch im Nährgewebe stecken, ist ihre Epidermis zartwandig, um den Eintritt der Nährstoffe zu gestatten. Auch an der keimenden Kiefer ergrünen in der Regel, nach Wiesner[1]) mit Ausnahme von 5% etioliert bleibenden, die Kotyledonen und das Hypokotyl, wenn die Keimung im Finstern erfolgt. Unter günstigen Verhältnissen erscheint die Keimpflanze (Fig. 87) schon nach 14 Tagen, sonst 3—6 Wochen nach der Aussaat über dem Boden, das Hypokotyl ist oft rot überlaufen, die quirlförmig gestellten 4—7, meist 6 Kotyledonen sind bis 20 mm lang, glatt, von linealischer Gestalt, säbelförmig aufwärts gebogen, dreikantig (186). Ihre Epidermiszellen sind zartwandig, die Spaltöffnungen auf den beiden inneren Flächen gleichmässig verteilt, in Vertiefungen eingesenkt, aber ohne Wachsüberzug, sodass die Kotyledonen eine rein grüne Farbe zeigen; auf der Aussenseite der Kotyledonen fehlen die Spaltöffnungen. Ein Hypoderm ist nicht vorhanden, das Assimilationsgewebe aus gleichartigen, zartwandigen, rundlichen Parenchymzellen gebildet; in der Achse verläuft, von einem farblosen Transfusionsgewebe umgeben, ein einfaches Gefässbündel, dessen Holzteil gegen die Kante der inneren oder oberen Seite des Kotyledon gewendet ist. Harzkanäle sind in den Kotyledonen nicht vorhanden. (K.)

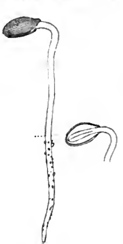


Fig. 86. *Pinus silvestris.* Keimung. Links junge Keimpflanze, deren Kotyledonen noch im Nährgewebe und in der Samenschale stecken; rechts Durchschnitt durch den oberen Teil derselben. 3:1. (Orig. K.)



Fig. 87. *Pinus silvestris.* Keimling, unmittelbar nach Abfallen der Samenschale von den Kotyledonen. 1:1. (Orig. K.)

Die Keimwurzel, an der erst spät und spärlich Wurzelhaare aus den Zellen der nach der Häutung blossgelegten Rindenschicht gebildet werden, zeigt ein lebhaftes Wachstum und entwickelt sich schon im ersten Jahre zu einer mit reichlichen Verzweigungen versehenen Pfahlwurzel von 15—20 cm Länge und

[1]) Wiesner, J. Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. Wien 1877.

darüber; von ihr zweigen namentlich in der Nähe des Wurzelhalses kräftige Seitenwurzeln ab. Auch im folgenden Jahre überwiegt in der Gesamtentwickelung der Pflanze das Wurzelwachstum und deshalb hält sie sich auf leicht und tief austrocknenden Böden besser als alle andern Holzarten (29a). An 6 Monate alten Pflanzen stellte Nobbe (57) die Anzahl aller Wurzelfasern auf 3135, ihre Gesamtlänge auf 11988 mm und ihre gesamte Oberfläche auf ein Quadrat von 123.23 mm Seite fest (vgl. S. 82 u. 111); das Vorherrschen der unterirdischen Entwicklung geht daraus hervor, dass sich die Oberfläche aller Wurzeln zur Oberfläche aller oberirdischen Organe wie 477 : 100 verhielt. Die Abhängigkeit der Wurzelentwicklung von der Beschaffenheit des Bodens gibt sich in Versuchen von Ter-Sarkisow[1]) zu erkennen, bei denen an 4 Monate alten, in Töpfen gezogenen Sämlingen beobachtet wurde:

	die Zahl	die Länge der Wurzeln
in Sandboden	363	713 mm
„ Lehmboden	181	420 „
„ Humusboden	54	179 „

Ferner zeigte F. Schwarz[2]), dass die Ausbildung des Wurzelsystemes, sowie sein Verhältnis zu den oberirdischen Teilen der jungen Pflanze auf Sandboden in hohem Masse durch dessen Wasser- und Nährstoffgehalt beeinflusst wird. Die weiter unten besprochene Mykorrhizenbildung tritt bereits an den Wurzeln von einige Monate alten Keimpflanzen auf.



Fig. 88. *Pinus silvestris*. 2 Jahre alte Pflanze, mit den (kurzen) Primärnadeln und den (langen) Kurztriebnadeln. 1:1. (Orig. Braun).

Der Keimstengel wird im 1. Jahre selten über 5 cm, nur unter sehr günstigen Verhältnissen 8 bis 10 cm hoch; schwache Pflanzen bilden im 1. Jahre über den Kotyledonen nur eine von Schuppen eingehüllte Winterknospe, stärkere bringen vorher noch eine Anzahl von einzeln stehenden, spiralig angeordneten, spitzen Primärblättern von linealischer Gestalt hervor, welche unterseits etwas gewölbt und an den Rändern fein gezähnelt sind (29a). In ihrem anatomischen Bau unterscheiden sie sich von den definitiven Nadeln dadurch, dass sie an den Rändern Haare tragen, die Hypodermfasern unter der zarter gebauten Epidermis fast vollständig fehlen und das im Innern liegende Gefässbündel einfach ist (13); sie enthalten 2 Harzkanäle, welche in der Nähe der beiden Ränder an der Blattunterseite verlaufen, und an denen oft die später stets vorhandenen Skleren-

[1]) Botan. Jahresbericht. Bd. 11. Abt. 1. 1883. S. 49.

[2]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 24. 1892. S. 88—98.

chymscheiden fehlen (76). Im 2. Jahre trägt die junge Pflanze wiederum zunächst Primärblätter, die nun aber allmählich in kurze, dreieckige, braune Schuppenblätter übergehen; in den Achseln der 8—21 untersten dieser Blätter werden noch keine Knospen angelegt [1]), die folgenden tragen Achselknospen, welche sich zu den mit Nadelpaaren besetzten Kurztrieben entwickeln (Fig. 88). Die Kotyledonen sterben im ersten Winter ab und hängen bis zum nächsten Frühjahr an der einjährigen Pflanze; im 2. Jahr bildet der Stengel, der jetzt in der Regel eine Länge von 13—17 cm erreicht, neben seiner Endknospe noch 2—3 Quirlknospen, welche sich im nächsten Jahre zu Seitentrieben entwickeln (186). Vom 3. Lebensjahre an sind die Langtriebe nur noch mit schuppenförmigen Blattorganen besetzt, die, soweit sie dem Stengel angewachsen, von grüner Farbe, an der Spitze jedoch häutig und braun sind; sie gehen aus Laubblattanlagen hervor und stehen in 13/34-Stellung. Die herablaufende Basis der Schuppen bildet an der Achse einen Längswulst von Rindengewebe, das sog. Blattkissen; der obere freie Teil vertrocknet frühzeitig und fällt ab. In den Achseln dieser Schuppen entstehen die 2nadeligen Kurztriebe, die an allen älteren Achsenteilen allein die normale Benadelung darstellen.

An der einjährigen Pflanze werden oberhalb der Kotyledonen, öfters auch in den Achseln von Primärblättern, Knospen angelegt, welche sich noch vor dem ersten Herbst entwickeln können, dann aber in der Regel kümmerlich bleiben und nur Primärblätter tragen; bloss wenn der Hauptstengel verletzt worden ist, zeigen diese Seitensprossen ein kräftiges Wachstum und tragen gelegentlich auch Kurztriebe mit 3—5 Nadeln (150).

Das wichtigste Lebensbedürfnis der jungen Pflanzen ist reichliche Belichtung und um zum Lichtgenuss zu gelangen, ist die Kiefer in der Jugend mit einem sehr bedeutenden Wachstumsvermögen ausgestattet, dergestalt, dass sie auf den besten Standorten im Alter von 5 Jahren durchschnittlich eine Höhe von 0,8—1,1 m und im Alter von 10 Jahren eine solche von 2,2—2,6 m aufzuweisen pflegt (81). Nach Ph. Flury [2]) vollzieht sich das Jugendwachstum der Kiefer (auf Tonboden) folgendermassen:

Alter	Durchschnittliche Höhe in cm bei grossen	mittelgrossen	kleinen Pflanzen
1 Jahr	4	3	2
2 „	9	7	5
3 „	21	18	10
4 „	41	34	20
5 „	63	54	37
6 „	150	122	86

Die erwachsene Pflanze besitzt eine Hauptwurzel, welche in geeignetem Boden sich zu einer tiefgehenden Pfahlwurzel ausbildet und zahlreiche, teils schief in den Boden eindringende, teils oberflächlich verlaufende Seitenwurzeln hervorbringt. Auf felsigem Grunde dagegen wird die Hauptwurzel missbildet und verkümmert. Deshalb hat der Baum in der Ebene eine grosse Standfestigkeit, wird aber auf felsigem Standort verhältnismässig leicht vom Wind geworfen. [3]) Übrigens zeigt die Wurzel eine grosse Anpassungsfähigkeit an verschiedene Bodenverhältnisse, und hierauf beruht zum Teil das Vermögen der Kiefer, auch auf ihr weniger zusagenden Bodenarten noch ihr Fortkommen zu

[1]) Hofmeister, W. Allgemeine Morphologie der Gewächse, Leipzig 1868. S. 430. — Menge nach Bot. Jahresbericht. Bd. 6. Abt. 2. 1878. S. 5.

[2]) Mitteil. d. Schweizer. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 4, 1895, S. 189.

[3]) Bernhardt, A., in Centralblatt für d. ges. Forstwesen. Bd. 4. 1878. S. 29.

finden (30). Die Wurzeln sind nach Van Tieghem[1]) diarch und bilden zwischen den beiden primären Holzplatten sekundäres Primärholz aus; die Nebenwurzeln werden in 4 Längsreihen angelegt. An den jüngeren Wurzeln kann man Lang- und Kurzwurzeln unterscheiden, letztere sitzen in kleinen, oft an Sträusschen erinnernden Gruppen seitlich an den Langwurzeln. Jedes Sträusschen ist durch einmalige oder mehrmals wiederholte gabelige Verzweigung einer einfachen Kurzwurzel entstanden (8). Das Wurzelwachstum geht nach Engler (19) in der Weise vor sich, dass es im Frühjahr beginnt, ehe die oberirdischen Triebe sich entwickeln, im Frühsommer die grösste Intensität erreicht, im August und September bedeutend nachlässt und sich im Herbst wieder etwas steigert, um etwa zu Ende Oktober aufzuhören; die Angabe von Brace,[2]) wonach während des ganzen Winters Wurzeln entwickelt werden, dürfte sonach nur für besonders milde Winter (in England) gelten. Das Wurzelwachstum im Herbst betrug 21,9 % des sommerlichen; das absolute Maximum des Wachstumes in 1 Tag war (am 1. Juli) 10 mm, das mittlere Maximum aller gemessenen Wurzeln 6 mm. Bei Bodentemperaturen von etwa 5—6° C liegt das Minimum für das Wurzelwachstum. Im Spätherbst und Winter tritt dunkle Bräunung der Lang- und Kurzwurzeln ein, nur ihre Spitzen behalten eine hellere Farbe (19). Die Kurzwurzeln sind häufig haarlos und zu Mykorrhizen umgebildet, nicht selten aber auch mit Wurzelhaaren versehen. Das Vorkommen der Mykorrhizen (Fig. 89) ist bei der Kiefer weniger allgemein, als bei der Fichte und namentlich der Tanne, indessen widersprechen sich die Beobachtungen darüber, ob die Verpilzung der Wurzeln an bestimmte Bodenarten oder Bodennährstoffe gebunden sei. Frank, der die Mykorrhizen der Kiefer, welche schon von Th. Hartig (29a) beobachtet worden sind, zuerst richtig erkannte, war geneigt, sie als allverbreitet und ihr Vorhandensein als ein wichtiges Moment unter den Lebens- und Kulturbedingungen für die Kiefer anzusehen.[3]) Stahl (181) ist zu der Ansicht gekommen, dass die Kiefer bei ihrer weitgehenden Wurzelverzweigung der Unterstützung der Mykorrhizen zur Wasseraufnahme in geringerem Masse bedarf und sie auf humusarmem Boden entbehren kann, und Moeller[4]) drückt sich noch bestimmter dahin aus, dass die (ektotrophe) Mykorrhiza an 1- und 2jährigen Kiefern in reinem Humus gar nicht, in reinem humusfreien Sande immer zur Ausbildung komme. Dagegen fand v. Tubeuf[5]) die Verpilzung der Kieferwurzeln auf Moorboden, im Waldhumus, auf nährstoffreichen Lehm- und gedüngten Ackerböden, Engler (19) gibt an, die Wurzeln in dem humusarmen Boden seines Versuchsgartens meist in Mykorrhizen umgebildet gefunden zu haben und P. E. Müller[6]) hat solche auf den verschiedensten Böden, sowohl auf mageren Sandböden, wie auf sandigem Lehm mit vorzüglich zersetztem Humus, gefunden; er ist zu der Anschauung gelangt, dass ihre Entwicklung ganz unabhängig vom Humusgehalt des Bodens sei. So steht bis jetzt nur fest, dass die Kiefer zu den fakultativ symbiotrophen Bäumen gehört, ohne dass sich über die Bedingungen der Mykorrhizenbildung noch etwas endgiltiges angeben liesse. Bei der Kiefer sind Mykorrhizen von zweierlei Form vorhanden: 1. traubig verzweigte, wie sie auch bei den Fichten und Tannen vorkommen, und die abgesehen von ihrer kürzeren und dickeren Gestalt im Aussehen mit den unverpilzten Wurzeln übereinstimmen; sie sind immer ektotroph; 2. dichotomisch verzweigte, deren Ver-

[1]) Bulletin de la Soc. Bot. de France. T. IX., 1887, p. 11 u. p. 101.

[2]) Bot. Jahresb. Bd. 14. Abt. 1. 1886. S. 664.

[3]) Berichte der deutschen Bot. Gesellsch. Bd. 10. 1892. S. 577—583.

[4]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 34. 1902. S. 197. Bd. 35. 1903. S. 257 u. 321.

[5]) Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. Bd. 1. 1903. S. 67—82.

[6]) Ebenda, S. 289.

zweigungen dicht gedrängt stehen und kurz sind, sodass sie sich zu büscheligen oder knotenförmigen Gebilden entwickeln. Diese gabeligen Mykorrhizen (Fig. 89) sind den Kiefern eigentümlich, treten an dem jüngsten Abschnitt von Langwurzeln hervor und werden dort 3—5 mm lang; später, wenn im Vorsommer oder Herbst ein neues Stück an der Langwurzel zugewachsen ist, vertrocknen sie meistens und fallen ab. Doch können oft auch einzelne dieser Mykorrhizen-Büschel ein weiteres Wachstum zeigen, indem sie neue Gabelverzweigungen treiben und zuletzt hexenbesenartige Klumpen von 1 bis mehreren cm Durchmesser bilden. Die gabeligen Mykorrhizen werden zwar an ihrer Aussenseite ebenfalls von einem, oft sehr dünnen Pilzgewebe umscheidet, von dem in humusreichem Substrat reichliche Hyphenbüschel ausstrahlen, aber sie zeigen auch ein endotrophes Mycel und scheinen andern Bedingungen ihre Existenz zu verdanken, als die traubigen Pilzwurzeln. Beide Formen können neben einander vorkommen, oder jede kann auf einem Wurzelzweig vorherrschen; auch sind Übergänge oder

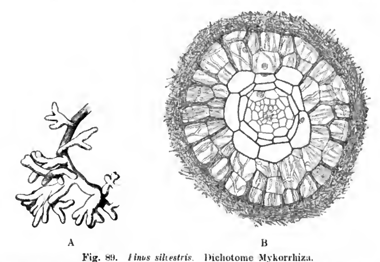


Fig. 89. *Pinus silvestris.* Dichotome Mykorrhiza.
A junge gabelig verzweigte Mykorrhiza. 8 : 1. B Querschnitt durch ein junges Ende derselben, mit ektotrophen und endotrophen Pilzhyphen. 185 : 1. (Orig. K.)

Mischformen zwischen ihnen beobachtet worden. Nach den Beobachtungen von P. E. Müller (a. a. O.) ist es wahrscheinlich geworden, dass man in den gabeligen Mykorrhizen ähnliche Bildungen zu sehen hat, wie in den Wurzelknöllchen von *Alnus, Myrica* und der *Elaeagnaceen*, und dass ihnen eine ähnliche Fähigkeit zur Verwertung des freien Stickstoffes zukommt, wie diesen und den Leguminosenknöllchen.

Die Verzweigung des Stammes und seiner Seitenzweige ist während der ganzen Jugendzeit der Kiefer streng monopodial und führt zunächst zur Ausbildung eines sehr regelmässigen monokormischen Sprossensystemes, welches lediglich von den Langtrieben zusammengesetzt wird. Während die Seitensprosse derselben sich mit seltenen Ausnahmen nur zu den später zu besprechenden Kurztrieben entwickeln, ist die Endknospe des Jahrestriebes und die sie umgebenden Wirtelknospen kräftig ausgebildet. Wenn sie im Frühjahr austreiben, so richten sich nicht nur die Gipfeltriebe des Hauptstammes und der Äste, sondern auch

alle Seitentriebe infolge eines stark ausgeprägten negativen Geotropismus steif senkrecht aufwärts, und es gewinnt zu dieser Zeit der Baum ein ganz eigenartiges Aussehen, weil nun alle seine Verzweigungen von den wie auf Armleuchtern stehenden Triebgruppen gekrönt sind. Diese Richtung behalten die Sprosse ungefähr während der Zeit ihres energischen Längenwachstumes, nachher fangen die Seitentriebe an, sich vom Gipfeltrieb hinwegzubiegen und auch die Gipfeltriebe der Zweige neigen sich langsam nach aussen; dieses Abwärtssinken der Triebe ist eine Folge ihres eigenen Gewichtes und wird dadurch unterstützt, dass die Holzelemente auf der Zweigoberseite ein stärkeres Längenwachstum zeigen als auf der Unterseite (7). Bei Zerstörung des Gipfeltriebes richtet sich



Fig. 90. *Pinus silvestris.* Eine ca. 100jährige „Verbisskiefer", durch wiederholtes Verbeissen von Kleinvieh niedrig gehalten, zahlreiche Ersatztriebe bildend und sehr enge Jahresringe zeigend. (Von Campascio im Puschlav, ca. 1040 m ü. M., leg. H. Brockmann. Orig.-Phot. Sch.)

zu dessen Ersatz einer der obersten Wirteläste auf (222), oder es kann auch einer der 2nadeligen Kurztriebe unter plötzlicher Steigerung seines Dickenwachstumes zu einem senkrecht aufgerichteten Langtrieb sich entwickeln.[1]) Nach Überschreitung des Höhenpunktes im Längenwachstum tritt an Stelle der monokormischen allmählich eine polykormische Gestaltung innerhalb der Baumkrone ein, indem Seitensprosse, auch solche, welche vor dieser Zeit bereits vorhanden waren, eben so stark oder selbst stärker wachsen, als die Hauptachse, sodass diese nun mehr oder weniger zurücktritt. An diesen starken Ästen gehen nun-

[1]) Hofmeister, W. Allgem. Morphologie. S. 606.

mehr die basalen Seitenglieder zu Grunde, während bei der vorausgegangenen monokormischen Entwickelungsweise das Absterben der unteren beschatteten Zweige von der Spitze her erfolgte. Die das eigentliche Gerüst der Krone bildenden Äste behalten diese monopodiale Verzweigungsart immer bei, an denjenigen Trieben dagegen, welche die Peripherie einnehmen, beobachtet man die Bildung sympodialer Verzweigungssysteme, da die Triebspitzen absterben und Seitenglieder die Wachstumsrichtung der Mutterachse aufnehmen (7). Auf diese Weise bildet sich unter Absterben der lichtbedürftigen unteren Seitenäste der Stamm, dessen Astwunden bis zu einer Höhe von 6—9 m später vollständig verwachsen, mit seiner anfangs pyramidalen, später kuppelförmigen, bisweilen pinienartig schirmförmigen, lichten Krone aus.

Gegenüber modifizierenden äusseren Einflüssen ist die Kiefer im ganzen weniger plastisch, als die Fichte. Immerhin reagiert sie z. B. auf das Verbeissen ganz ähnlich (Fig. 90). Nach Fankhauser[1]) bilden sich die Ersatzknospen nur am äussersten Ende der Triebe, aber stets sehr reichlich; an der Spitze der verbissenen Zweige oder 3—4 cm unterhalb derselben entwickeln sich an kräftigen Trieben oft aus 10—12 Nadelbüscheln Knospen, aus den unteren einzelne, aus den oberen meistens je 3—4. Bei neuem Verbeissen wiederholt sich derselbe Vorgang, jedoch werden die Zweige immer schwächer, und die Nadeln (oft zu mehr als zweien in einer Scheide) immer kürzer. Junge Pflanzen, die alle Jahre abgeweidet werden, bekommen bald dieselbe stumpf-kegelförmige Gestalt, wie die verbissenen Fichten, und verhalten sich auch später wie diese.

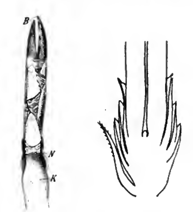


Fig 91. *Pinus silvestris.* Kurztrieb. Links die 2 jungen, noch kurzen Nadeln B, umgeben von den Schuppen der Kurztriebscheide; N Narbe des Tragblattes des Kurztriebes, K dessen Blattkissen. 4 : 1. (Orig. K). Rechts Längsschnitt durch den unteren Teil des Kurztriebes mit seiner Tragschuppe und der Scheide, zwischen den beiden Nadeln das reduzierte Knöspchen. 8 : 1. (Nach Willkomm).

Eine Standortsform ist auch die krüppelhaft entwickelte Moorkiefer, die kaum 4—6 m hoch wird, einen krummen Stamm und eine lockere Krone hat[2]).

In den Achseln der an den Langtrieben in 5/13-Stellung stehenden Schuppenblätter entstehen mit Ausnahme der durchschnittlich 11 untersten jedes Jahrestriebes die Kurztriebe, welche sich bereits im Frühling desselben Jahres entfalten (Fig. 91). Sie beginnen mit 10 einander sehr genäherten schuppenförmigen Niederblättern, von denen die zwei ersten rechts und links von der Tragschuppe, die zwei folgenden vorn und hinten stehen. Die untersten sind braun mit häutigem Rande, die folgenden werden immer länger und ihr Rand breitet sich, besonders beim 4.—6., zu einer Scheide aus, die weiter folgenden sind wieder schmal, langgezogen und ganz dünnhäutig. Auf diese Niederblätter folgen endlich 2 in der Knospenlage flach aufeinander liegende grüne Nadeln, zwischen denen als Ende des Kurztriebes ein winziger, bald absterbender Vegetationskegel vorhanden ist (222). Die ganze Assimilationstätigkeit, soweit sie von den Blättern besorgt

[1]) Vgl. S. 90. Anm. 1).

[2]) Abbildung s. bei L. Klein, Die botanischen Naturdenkmäler des Grossh. Baden und ihre Erhaltung. Karlsruhe 1904. Fig. 21.

wird, ist also an der Folgeform der Kiefer auf die Kurztriebe übergegangen, während bei den Tannen und Fichten die Langtriebe allein, bei der Lärche Lang- und Kurztriebe mit Assimilationsblättern ausgestattet sind. Die Folge des stockwerkartigen Aufbaues der Hauptsprosse und der wirteligen Anordnung der Seitenzweige, im Verein mit der Beschränkung der Kurztriebe auf die oberen Teile der Sprosse ist ein immer weiteres Abrücken der Äste höherer Ordnung vom Hauptstamm und die Verteilung der Assimilationsorgane an der Peripherie, wo sie die günstigsten Beleuchtungsverhältnisse finden (55). Die Assimilationsenergie der Kiefernadeln übertrifft nach den Untersuchungen von N. J. C. Müller [1]) die der Fichtennadeln, auf gleiche Blattflächen bezogen, in dem Verhältnis von 122 : 100. Unter Umständen, z. B. bei starker Entblätterung durch Insektenfrass, kann das zwischen den Nadeln sitzende Knöspchen austreiben und der entstehende „Scheidentrieb“ entweder nur Primärblätter (224) oder in deren Achseln auch Kurztriebe tragen [2]) (Fig. 92); auch die Schuppenblätter der Langtriebe und der Kurztriebscheide können nach Beschädigungen ergrünen und sich zu assimilierenden Organen umbilden. [3]) Die von den Niederblättern gebildete silberglänzende Hülle umgibt die Nadeln bei deren Hervortreten aus der Knospe allseitig und schützt sie gegen den ungünstigen Einfluss niederer Frühlingstemperaturen, sie wächst mit den Nadeln empor und wird von ihnen schliesslich an der Spitze durchbrochen, worauf sie zusammensinkt, sich bräunlich färbt und unter Zurücklassung von Narben an dem höckerförmigen Achsenteil des Kurztriebes abfällt (59). In der Regel entwickeln die Langtriebe keine Langtriebknospen, sodass der Kiefer die bei Tanne und Fichte vorhandenen Kleinzweige fehlen; nur an 7—10jährigen, auf üppigem Boden wachsenden Pflanzen entstehen in der Achsel der Niederblätter oft noch Langtriebknospen, von denen die zur Entwicklung kommenden die Zahl der Quirltriebe vermehren (150).



Fig. 92. *Pinus silvestris* Umwandlung von Kurztrieben in Langtriebe infolge von Zerstörung des Haupttriebes; die 6 langen und breiten Nadeln gehören 3 ursprünglichen Kurztrieben an, zwischen ihnen sind die 2jährigen Langtriebe sichtbar, welche aus den Achsen der Kurztriebe hervorgegangen sind. 1:1. (Orig. L. Schröter).



Fig. 93. *Pinus silvestris*. Kurztrieb mit 2 Nadeln, am Grunde mit der verschrumpften Scheide und dem Rest der Tragschuppe. 1:1. (Orig. K.)

Die Blattoberfläche der grünen Nadeln wird (in Giessen) durchschnittlich

[1]) Botanische Untersuchungen. Heidelberg 1873. S. 373.

[2]) Borthwick nach Botan. Jahresbericht. Bd. 28. Abt. 2. 1900. S. 154.

[3]) W. Zang, Die Anatomie der Kiefernadel. Dissert. Giessen 1904.

am 28. Mai sichtbar. Das Wachstum derselben geht anfänglich langsamer vor sich, als dasjenige der zugehörigen Langtriebe; an den letzteren erreicht die Streckung meistens Mitte Juli ihr Ende, die der Nadeln hält noch länger an, wird aber ebenfalls im ersten Jahre abgeschlossen. Nur eine spätere Verdickung der Nadeln findet dadurch statt, dass sich von Jahr zu Jahr die Elemente des Gefässbündels[1]) im Bastteil bedeutend, im Holzteil sehr wenig vermehren (47). Gewöhnlich endet jeder Kurztrieb mit 2 Nadeln (Fig. 93), selten sind ihrer 3, noch seltener 4 oder 5 vorhanden (40). Im ausgewachsenen Zustand sind die Nadeln linealisch, steif und spitz, oft etwas gekrümmt, mit flacher Oberseite und konvex gewölbter Unterseite, also im Querschnitt fast halbkreisförmig; sie sind glatt, nur an den beiden Rändern durch sehr kleine Sägezähnchen etwas rauh, oberseits meergrün, unterseits dunkelgrün gefärbt. Ihre Breite beträgt meistens etwa $1^1/_2$ mm, an kräftigen Haupttrieben auch bis zu $2^1/_2$ mm; verhältnismässig sehr breit sind die Nadeln der var. *engadinensis* Heer. Die Nadellänge ist sehr wechselnd, meistens 4—5 cm, doch kann sie bis zu 1 cm sinken und bis zu 10 cm steigen; nach Meissner (47) nimmt sie an den Trieben eine Zeit lang von Jahr zu Jahr zu, um nachher abzunehmen und später wieder anzuwachsen, ohne dass ein Zusammenhang zwischen der Länge der Triebe und der der Nadeln vorhanden wäre; an den Haupt- und Seitentrieben gleichen Alters erfolgt das Zu- und Abnehmen der Nadellänge gleichsinnig, doch sind die Nadeln des Haupttriebes gewöhnlich länger als die an den Seitentrieben erster Ordnung, diese wieder länger als die an den Seitentrieben zweiter Ordnung stehenden. Auch korrelative Einwirkungen beeinflussen die Nadellänge: so kommt es vor, dass bei „Zapfensucht", d. h. bei einer abnormen Produktion zahlreicher, dicht gedrängter Zapfen die Nadeln des folgenden Jahrestriebes ganz kurz bleiben (Fig. 94). In ihrem Längsverlauf zeigen die Nadeln eine steile spiralige Drehung von $^1/_2$—1 Umgang; sie werden deshalb von Kerner (95) zu den Schraubenblättern gerechnet, deren

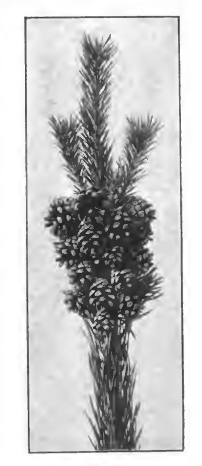


Fig. 94. *Pinus silvestris.* Zweig mit Zapfensucht, d. h. abnorm reicher Produktion von Zapfen. Die Länge der Nadeln unterhalb der Zapfen, vor der Hervorbringung dieser, beträgt 35—40 mm, am folgenden Jahrestrieb, wohl infolge der Erschöpfung durch die Zapfenbildung, sind die Nadeln nur 10—15 mm lang. 3:4 (Orig.-Phot. Sch.)

[1]) Vergl. auch J. Oleskow nach Botan. Jahresbericht. Bd. 12. Abt. 1. 1884. S. 324

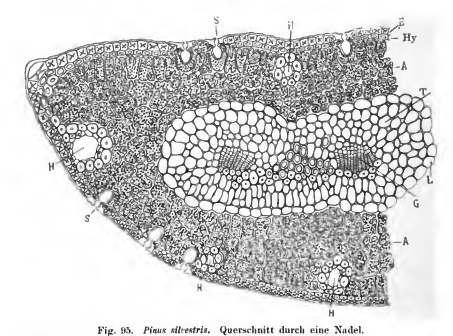


Fig. 95. *Pinus silvestris.* Querschnitt durch eine Nadel.
F Epidermis, S Spaltöffnungen, Hy Hypoderm, A Armpalissadengewebe, H Harzkanäle, L Ableitungsgewebe, T Transfusionsgewebe, G Gefässbündel. 125:1. (Orig. Braun).

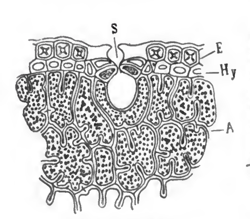


Fig. 96. *Pinus silvestris.*
Querschnitt durch eine Spaltöffnung einer Nadel, mit dem umgebenden Haut- und Assimilationsgewebe.
Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 95. 450:1. (Orig. Braun.)

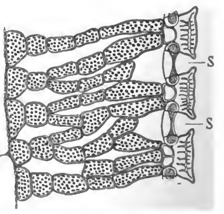


Fig. 97. *Pinus silvestris.*
Längsschnitt durch das Assimilationsgewebe der Nadel, das grüne Assimilationsparenchym in Platten auseinandergehoben.
S S Spaltöffnungen mit je einer Schliesszelle. 230:1. (Orig. K.)

Biegungsfestigkeit durch die Drehung erhöht wird. Bei hochnordischen und hochalpinen Formen der Kiefer (var. *lapponica* Fr. und *engadinensis* Heer) sind die mit breiten Nadeln versehenen Kurztriebe an den Spitzen der kurz bleibenden Langtriebe fast quirlig gehäuft, deshalb die unteren Zweigteile nach dem Abwerfen der dort produzierten männlichen Blüten fast kahl (96).

An den aufwärts strebenden Zweigen stehen die Nadeln des Jahrestriebes schräg nach oben gerichtet, während die älteren Nadeln an den Zweigunterseiten schräg nach abwärts und auswärts gestellt sind; sie leiten das auf den Zweigenden herablaufende Regenwasser auf das Nadelwerk tieferer Äste und endlich gegen den Umfang der Krone, von wo es als peripherische Traufe den Saugwurzeln im Boden zukommt (95).

Entsprechend ihrer allseitigen Orientierung im Raume zeigen die Nadeln einen radiären Bau, der deutlich auf die xerophile Natur der Kiefer hinweist (Fig. 95). Die aus langgestreckten, verholzten und allseitig fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Zellen bestehende Epidermis nebst dem darunter liegenden verholzten, aber im ganzen schwach verdickten Hypoderm ist geeignet, den Nadeln die nötige Festigkeit, sowie Schutz gegen die niederen Temperaturen des Winters und gegen zu starke Transpiration zu gewähren. Die Spaltöffnungen (Fig. 96) sind allseitig verteilt und liegen am Grunde von Grübchen, welche von den angrenzenden Epidermiszellen gebildet und von feinen Wachskörnchen ausgefüllt werden, eine Einrichtung, durch die im Verein mit der geringen Oberfläche der Nadeln noch weiter eine Herabsetzung der Transpirationsgrösse erzielt wird. Die wegen dieses Wachsüberzuges weiss erscheinenden Spaltöffnungen sind auf beiden Blattseiten in Längsreihen angeordnet, welche durch grüne, spaltöffnungslose Streifen von einander getrennt sind (Fig. 98); von der verhältnismässig grösseren Zahl der Spaltöffnungsstreifen rührt die bläulichgrüne Farbe der Nadeloberseite her,[1]) die durch einen diffusen Wachsüberzug zwischen den Spaltöffnungen noch verstärkt wird. Das unter dem Hypoderm liegende Assimilationsgewebe ist als Armpalissadenparenchym entwickelt und besteht aus polygonal-tafelförmigen, mit lufthaltigen Unterbrechungen übereinander geschichteten Zellen (Fig. 97), deren Wand mit einspringenden Membranfalten ausgerüstet ist, welche in den peripherischen Zellen senkrecht zur Blattoberfläche gestellt sind (61). In diesem Assimilationsgewebe sind in ziemlich regelmässigen Abständen 7—18 der Länge nach das Blatt durchziehende Harzkanäle eingebettet, von denen die beiden an den Kanten verlaufenden nach Corry[2]) zuerst angelegt

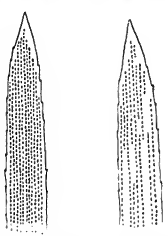


Fig. 98. *Pinus silvestris.* Nadelspitze. Links von der Oberseite, mit dichten ununterbrochenen Spaltöffnungsreihen, rechts von der Unterseite, mit weniger dichten unterbrochenen Spaltöffnungsreihen. 10:1. (Orig. K.)

[1]) Die gegenteilige Angabe von A. Weiss (Jahrbücher für wissensch. Botanik. Bd. 4. 1865/66, S. 132), wonach auf 1 qmm der Blattoberseite 50, der Blattunterseite 71 Spaltöffnungen vorhanden sein sollen, muss wohl auf einem Versehen beruhen.

[2]) Botan. Jahresbericht. Bd. 12. Abt. 1. 1894. S. 300.

werden und sich unten in das Gewebe des Zweiges fortsetzen, während die übrigen in wechselnder Zahl und in verschiedenen Höhen entstehen und beiderseits blind endigen. Alle Harzgänge sind von 12—16 sezernierenden Zellen umgeben und von einer, seltener zwei Lagen von Sklerenchymfasern umscheidet; mit diesen Sklerenchymscheiden grenzen sie unmittelbar an das Hypoderm. Das in den Kanälen enthaltene Harz wird als Schutzmittel der Blätter gegen Insektenfrass angesehen. Das Blattinnere ist von 2 getrennt verlaufenden und ziemlich weit von einander entfernten Gefässbündeln der Länge nach durchzogen, deren Holzteile der Blattoberseite (Innenseite) zugekehrt sind; zwischen Holz- und Bastteil liegt eine schmale Cambiumzone, welche das oben erwähnte Dickenwachtum der Nadeln vermittelt. Der zwischen beiden Gefässbündeln liegende Raum wird von sklerenchymatischen Fasern zum grössten Teil ausgefüllt, aussen sind die Gefässbündel von dem farblosen, einer gleichmässigen Verteilung des zugeführten Wassers dienenden Transfusionsgewebe umschlossen, welches entsprechend dem sonnigen Standort und der beträchtlichen Transpirationsgrösse der Kiefer von mächtiger Entwickelung ist. An seiner Aussenfläche findet sich eine als Ableitungsgewebe fungierende Parenchymscheide. Auch in der Region der Gefässbündel innerhalb dieser Scheide liegen Harzkanäle neben dem Holzteil, ihre Weite ist bedeutend geringer als die der Harzgänge im Assimilationsgewebe [1]) (31, 76, 43, 61).

Die Nadeln erreichen in der Regel ein Alter von 3, bisweilen — bei langsamem Wachstum der Zweige — auch von 4 bis 5 Jahren, während ältere Bäume schon einen Teil der Nadeln im 2. oder 3. Jahre verlieren, Unterschiede, welche anscheinend damit zusammenhängen, dass bei günstigen Wachstumsverhältnissen die älteren Zweigteile früher und stärker beschattet werden, sodass die Nadeln aus Lichtmangel absterben und alle älteren Zweige kahl sind. Erheblich älter werden die Nadeln an Zweigen, welche mehrere Jahre hinter einander männlich blühen; hier findet man an 8—9 auf einander folgenden Jahrestrieben die Nadeln noch erhalten. Da die männlichen Blüten nach dem Abfallen eine nackte Stelle am Grunde des Jahrestriebes hinterlassen, erscheinen die Kurztriebe wirtelig angeordnet, ähnlich wie bei *Sciadopitys* (Fig. 99)[2]). An den weiblich blühenden Ästen bleiben die Nadeln nicht so lange sitzen. Es scheint durch die längere Lebensdauer der Nadeln an den männlich blühenden Trieben eine Kompensation für die grosse Anzahl der bei der Produktion männlicher Blüten ausfallenden Kurztriebe angestrebt zu werden (Sch.). Im Winter nehmen die Nadeln, besonders wenn sie der Sonne ausgesetzt sind, eine etwas bräunliche Färbung an. Ihr Tod tritt der Hauptmasse nach im September und Oktober[3]) ein, und das Abfallen geschieht nach dem Vertrocknen der Nadeln durch Abwurf des ganzen Kurztriebes. Derselbe enthält einen sehr dünnen Holzkörper, der auch im Lauf der Jahre nur einen geringen Dickenzuwachs zeigt; an seinem Grunde schwillt der Kurztrieb, namentlich an der Oberseite, etwas an, bleibt aber weiter unten an der zukünftigen Abwurfstelle dünner und von lockerem Bau; genau an der Insertionsfläche bildet sich eine bis an den Holzkörper vordringende Korkschicht aus, hier werden die Zellen zerrissen, Holzkörper und

[1]) Botan. Jahresbericht. Bd 14. Abt. 1. 1896. S. 938. — Rywoscb im Sitz.-Ber. d. Naturf. Gesellsch. Dorpat. Bd. 10. 1895. S. 517.

[2]) Beissner (Mitteil. d. deutschen dendrologischen Gesellscbaft. 1903, S. 128) erwähnt eine „interessante Form“ von *Pinus silvestris*, abgebildet in Gardeners Cbronicle v. 31. Okt. 1903, mit quirlförmig gestellten Kurztrieben. Vielleicht bandelt es sich dabei um die oben beschriebene Erscheinung.

[3]) Schütze in Zeitscbr. f. Forst- und Jagdwesen. Bd. 10. 1878. S. 66.

Mark brechen an der dünnsten Stelle ab und nachher wird die trichterförmige Bruchfläche überwallt.[1])

Der Wassergehalt der Nadeln beträgt in ihrem 1. Lebensjahr ca. 70%, später nur noch $50^1/_2 - 51^1/_2$% des Frischgewichtes, in ihrer Trockensubstanz ist 1.48—2.41, im Durchschnitt 1.93% Asche enthalten, und auch die Kiefernadelstreu enthält neben 0,91% Stickstoff noch 1,41% Asche, wobei die Menge des Kali und der Phosphorsäure gegenüber den lebenden Blättern sehr verringert, die der Kieselsäure und des Kalkes erheblich vermehrt ist.[2])

Die Langtriebe schliessen ihr Jahreswachstum mit der Hervorbringung von Winterknospen ab, deren mittelste dazu bestimmt ist, den Trieb fortzusetzen, wogegen die im Quirl in verschiedener Anzahl sie umgebenden Knospen zu Wirtel-

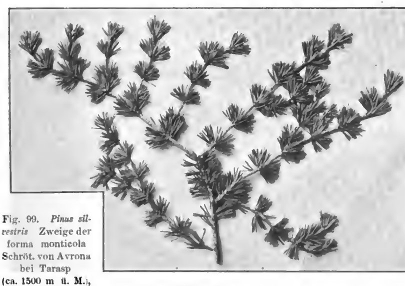


Fig. 99. *Pinus silvestris* Zweige der forma monticola Schröt. von Avrona bei Tarasp (ca. 1500 m ü. M.), welche 8 Jahre hinter einander männliche Blüten getragen haben. An jedem Jahrestrieb entsteht infolge des Abfallens der männlichen Blüten eine nackte Stelle, während darüber dicht gedrängte Kurztriebe stehen; die Nadeln werden hier bis 8 Jahre alt. 1:6. (Orig.-Phot. Sch.)

zweigen auswachsen. Von diesen Quirlknospen bleibt gewöhnlich die eine oder andere in ihrer Entwicklung zurück und verhält sich als schlafende Knospe, um nach starken Beschädigungen der Benadelung zu einem meist nur mit Primärblättern besetzten Trieb auszuwachsen. Die Knospen sind von eiförmig-länglicher Gestalt, 1—2 cm lang, von zahlreichen, nach Schumann (67) über 100, grau oder rötlich gefärbten Schuppen eingeschlossen, zwischen und auf denen sich im Herbst und Winter Harzabsonderungen finden. Der Knospenschluss ist (in Giessen) durch-

[1]) v. Höhnel, F. in Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs. Heft 3. 1878.

[2]) E. Ebermayer, Physiologische Chemie der Pflanzen. Berlin 1882.

schnittlich am 7. August vollzogen; er kommt dadurch zu stande, dass die Schuppen weiter wachsen, während die Achse gestaucht bleibt und die in den Achseln der Schuppen angelegten Kurztriebknospen in einem embryonalen Zustand verharren. Die Knospenschuppen (Fig. 100), welche umgewandelten Laubblättern entsprechen, gehen an ihrem dünnhäutigen Rande in mit einander verflochtene Fransen aus. Sie enthalten in ihrem kurzen Basalteile noch längere Zeit parenchymatische Zellen, bilden auch dort gewöhnlich 2 Harzkanäle aus und lassen zwischen diesen ein Gefässbündel erkennen; im oberen Teil der Schuppe ist das Grundgewebe abgestorben und zusammengedrückt. Die Epidermiszellen auf der inneren (oberen) Seite der Schuppe sind dünnwandig und sondern Harz aus, die der unteren Seite sind ringsum stark verdickt und verholzt, gegen den Rand und die Spitze hin werden sie kleiner und ihre Wände dünner; unter der Epidermis liegen hier noch 2 Schichten von Zellen, deren Wände, besonders nach der Aussenseite hin, stark verdickt sind. Durch das dichte Aufeinanderliegen der trockenen Schuppen und ihre Harzabsonderung werden die inneren Organe der Knospen vor übermässigem Wasserverlust und bis zu einem gewissen Grade auch vor der Winterkälte geschützt (59, 67, 30).

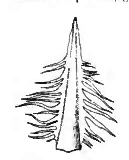


Fig. 100. *Pinus silvestris.* Oberer, häutiger Teil einer Knospenschuppe. 6:1. (Orig. K.)

Im Höhenwachstum des Baumes drückt sich auch unter verschiedenen Standortsverhältnissen die grosse Periode des Wachstumes als eine Kurve mit schnell ansteigendem und langsam abfallendem Ast deutlich aus, deren Höhepunkt bei der 1. Ertragsklasse schon im 15., bei der 2. und 3. Klasse im 15.—20., bei der 4. und 5. Klasse um das 20.—25. Lebensjahr erreicht wird. Es verhalten sich nämlich nach A. Schwappach (69, 70) die Zuwachse normaler Kiefernbestände der norddeutschen Tiefebene in den verschiedenen Entwicklungsperioden folgendermassen:

Alter.	Laufender jährlicher Zuwachs der mittleren Höhe in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse
10 Jahre	48	37	27	17	10
15 „	52	43	36	27	13
20 „	48	43	38	32	20
25 „	44	41	36	29	23
30 „	40	37	32	27	21
35 „	36	32	28	25	19
40 „	32	29	25	23	17
50 „	27	25	21	19	14
60 „	23	21	18	15	12
70 „	19	18	16	13	12
80 „	16	16	15	12	11
90 „	14	14	14	12	10
100 „	13	12	12	12	8
110 „	12	11	11	10	7
120 „	10	9	10	9	—
130 „	8	7	7	7	—

Demgemäss zeigt die Höhe der Bäume in den verschiedenen Altersperioden durchschnittlich folgende Zahlen:

Alter.	Höhe der Bäume in m bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse
10 Jahre	3,7	2,7	1,7	1,0	0,7
15 „	6,4	4,8	3,4	2,2	1,3
20 „	8,9	7,0	5,3	3,7	2,0
25 „	11,2	9,1	7,2	5,2	3,4
30 „	13,3	11,1	8,9	6,6	4,5
35 „	15,2	12,8	10,4	7,9	5,5
40 „	16,9	14,3	11,7	9,1	6,4
50 „	19,8	17,0	14,0	11,2	7,9
60 „	22,3	19,3	15,9	12,9	9,2
70 „	24,4	21,2	17,6	14,3	10,4
80 „	26,1	22,9	19,2	15,5	11,6
90 „	27,6	24,4	20,6	16,7	12,6
100 „	29,0	25,7	21,9	17,9	13,5
110 „	30,2	26,9	23,1	19,0	14,3
120 „	31,3	27,9	24,1	20,0	—
130 „	32,2	28,7	25,0	20,8	—
140 „	32,9	29,3	—	—	—

Auch der Dickenzuwachs zeigt eine solche Periode, die von äusseren Einflüssen unabhängig ist, wie die folgenden, ebenfalls den Abhandlungen von A. Schwappach (69, 70) entnommenen Zahlen erkennen lassen:

Alter.	Mittlerer Durchmesser in cm bei I.	II.	III.	IV.	V. Standortsklasse
15 Jahre	6,9	6,0	—	—	—
20 „	9,0	7,4	6,3	—	—
30 „	12,2	10,5	8,7	7,2	5,9
40 „	15,5	13,5	11,5	9,5	7,5
50 „	19,1	16,7	14,4	11,8	9,2
60 „	22,9	19,8	17,1	14,2	11,1
70 „	26,7	22,9	19,7	16,4	12,9
80 „	29,8	25,9	22,2	18,4	14,5
90 „	32,7	28,6	24,7	20,4	16,1
100 „	35,2	31,1	26,8	22,3	17,7
110 „	37,4	33,2	28,7	24,0	19,1
120 „	39,1	34,9	30,2	25,4	—
130 „	40,4	36,2	31,5	26,5	—
140 „	41,3	37,1	—	—	—

Innerhalb einer und derselben Vegetationsperiode zeigt sich im allmählichen Aufbau des Jahrringes durch die im Cambium stattfindenden Teilungen keine deutliche „grosse Periode". Mischke[1]) hat an einem Kiefernstamm mit schwachem Dickenzuwachs in Berlin folgenden Verlauf festgestellt: Beginn der Entwicklung Anfang Mai, darauf ziemlich gleichmässiges Fortschreiten bis Ende Juni; im Juli Pause; während des August eine geringe weitere Zunahme; Ende August Schluss der Jahrringbildung; im ganzen wurden 9 Frühjahrstracheïden und 3 Sommertracheïden gebildet. Betreffs der Pause im Juli vergl. das oben (S. 138) bei der Fichte gesagte.

Die grösste beobachtete Höhe beträgt 48 m, der grösste Stammdurchmesser 1 m (**95**). Die grösste Wachstumsenergie des Baumes, bemessen nach dem jähr-

[1]) Botan. Centralblatt. Bd. 44. 1890. No. 2—6.

lichen Gesamtzuwachs an Derbholz und Reisholz, fällt (70) bei der I. Standortsklasse in das 30., bei der II. ins 35., bei der III.—V. ins 45. Lebensjahr.

Im Stamme und in den Ästen der Kiefer, wie auch der übrigen Nadelbäume, fällt dem Holzkörper eine 3fache Funktion zu: er dient als Reservestoffbehälter, dem Wassertransport und der mechanischen Festigung gegen Zug- und Druckwirkungen. Als Reservestoffe fungieren die in den Markstrahlen während des Winters abgelagerten Mengen von fettem Öl, die Kiefer ist ein sog. Fettbaum. Die Verrichtung des Wassertransportes geht in den jüngeren Jahresringen des Splintholzes, und zwar vorzugsweise in den weitlumigen Elementen im Frühjahrsholze eines jeden Jahresringes vor sich. Die Anzahl der Splintringe ist im Kiefernholz bedeutend grösser, als im Fichtenholz; sie beträgt nach R. Hartig[1]) in 150jährigen Stämmen in Brusthöhe 60—77 und nimmt gegen die Krone hin bedeutend ab. Das Frischgewicht des Holzes im ganzen schwankt nach Hartig (25) von 0,38—1,04 und beträgt 0,82 im Mittel ganzer Bestände von angehend haubarem Alter, 0,776 bei sehr alten Bäumen. Auch der Wassergehalt des Holzes unterliegt nach Standort, Alter, Jahreszeit und Witterungsverhältnissen grossen Schwankungen. Die Kiefer besitzt ein verhältnismässig wasserarmes Kernholz, welches nach der Fällung des Baumes durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft eine rotbraune Farbe annimmt. Das Kernholz hat trotz seines grossen Harzgehaltes ein um 6—8% höheres spez. Trockengewicht als das Splintholz, sein Wassergehalt beträgt durchschnittlich 13,1—14%, derjenige des Splintholzes durchschnittlich 54,7—59,4%. Deshalb ist der mittlere Wassergehalt junger Bäume viel grösser als der von älteren und steigert sich in letzteren von unten nach oben wegen des Zurücktretens des Kernholzes in den jüngeren Stammteilen. Im übrigen hängt, da der Holzkörper ein Wasserreservoir für die transpirierenden Organe bildet, sein Wassergehalt auch von dem Verhältnis zwischen der von den Wurzeln aufgenommenen und der von den Blättern abgegebenen Wassermenge ab. Tonkel[2]) hat die Veränderungen des Wassergehaltes im Holze der Kiefern während verschiedener Monate genauer festgestellt und fand

	im Stamm	in den Zweigen
im November	50,0	48,3 % Wasser
„ Dezember	61,9	51,2 „ „
„ Januar	62,7	56,1 „ „
„ Februar	61,3	53,7 „ „
„ März	58,5	61,3 „ „
„ Juni	55,2	60,1 „ „
„ Juli	52,0	60,2 „ „
„ August	55,1	56,6 „ „
„ September	50,5	52,3 „ „

Nach Geleznow[3]) enthält das Holz im Winter bis zu 64,5, im Frühjahr 62,3—63,3, im Sommer 59,5% Wasser. Die Holz-Trockensubstanz liefert nach Ebermayer (a. a. O.) 0,27—0,33, durchschnittlich 0,30% Reinasche und enthält in 100 Teilen derselben 11,31 Teile Kali, 10,69 Magnesia, 6,05 Phosphorsäure, 53,61 Kalk.

In Rücksicht auf seine mechanische Leistung entspricht der Stamm der Kiefer seiner Form nach einem Träger gleichen Biegungswiderstandes mit der Abweichung, dass die Stammbasis stärker verdickt ist, und behält diese

[1]) Forstlich-naturwissensch. Zeitschrift. Bd. 1. 1892. S. 212.
[2]) Botan. Jahresber. Bd. 11. Abt. 1. 1883. S. 6.
[3]) Daselbst. Bd. 4. 1876. S. 708.

Form in den verschiedenen Abschnitten seiner Entwicklung bei, indem die Verteilung des jährlichen Zuwachses auf die verschiedenen Stammhöhen durch Druckreize reguliert wird (72). Die Biegungsfestigkeit und Steifheit des Holzkörpers hängt ab von der Grösse des Querschnittes desselben, also von der Breite der Jahresringe, von der Verteilung von fester Holzsubstanz innerhalb derselben und von dem Tragvermögen der verholzten Zellwandsubstanz. Letzteres hat H. Schellenberg[1]) auf 10,290 kg pro 1 qmm festgestellt; es ist unter den verglichenen Nadelbäumen das geringste. Nach L. Tetmajer[2]) beträgt die mittlere Zugfestigkeit des Holzes 924 kg, die mittlere Druckfestigkeit 247 kg, die mittlere Biegungsfestigkeit 409 kg pro 1 qcm. Nach A. Metzker's (50, 51) Beobachtungen biegen sich hohe und starke Kiefern im Sturm hauptsächlich im obersten Drittel des Schaftes, während das unterste Viertel in seiner Lage fast unverändert bleibt; hier muss demnach eine möglichst grosse Steifheit erreicht werden, dagegen in den obersten Teilen des Stammes und in der Krone neben dieser für eine grössere Biegungsfestigkeit gesorgt sein; daher ist tatsächlich das Holz der oberen Stammteile wesentlich dehnbarer als im unteren Teil. Neben älteren Untersuchungen von R. Hartig (24, 25, 29), A. Schwappach (71) u. a. über die mechanischen Eigenschaften des Kiefernholzes liegen hierüber, sowie über die Ursachen der Strukturverhältnisse im Jahresring solche von F. Schwarz (72) vor, nach denen die folgende Schilderung gegeben ist.

Die absolute Breite der Jahresringe hängt von der Gesamternährung und der Wachstumsenergie des Baumes ab und ist deshalb, wie auch die Verschiedenheiten im Dickenzuwachs der einzelnen Standortsklassen S. 193 zeigen, grossem Wechsel unterworfen. In Beständen der Mark Brandenburg wechselte z. B. bei 30 gut gewachsenen Stämmen die durchschnittliche Breite der jüngsten 10 Jahrringe in Brusthöhe zwischen 0,46 und 3,55 mm und betrug im Mittel von allen 1,34 mm; R. Hartig (24) gibt die durchschnittliche Jahrringbreite der von ihm untersuchten Kiefernstämme auf 2,25 mm mit wenig Abweichungen an. In gerade gewachsenen Stämmen zeigte jeder Jahrring eine gleichbleibende Breite, sodass der Holzkörper konzentrisch gebaut ist; in den an das Mark grenzenden Ringen findet allmählich eine Zunahme der Ringbreite derart statt, dass in der Regel im 5.—10. Jahre eine maximale Breite erreicht wird; trotz der jetzt noch weiter erfolgenden Steigerung des Zuwachses, auf die Fläche des Jahrringes bezogen, tritt von dieser Zeit an eine Abnahme der Ringbreite ein. Durch zeitigen Eintritt höherer Temperatur wird die Zeit des Wachstums verlängert und damit eine Vergrösserung des Gesamtzuwachses eines Jahres herbeigeführt. Dies fällt bei der Kiefer um so mehr ins Gewicht, als sie nach J. Friedrich[3]) gerade am Anfang der Vegetationsperiode sehr schnell mit dem Aufbau des Jahrringes beginnt, und macht es erklärlich, dass der Jahreszuwachs mit zunehmender Höhe im Gebirge desto geringer wird. Im Stamme nimmt die Breite jedes Jahrringes von unten nach dem Wipfel hin zu, erreicht ein Maximum und nimmt dann wieder ab; je jünger der Jahrring ist, desto höher liegt das Maximum seiner Breite im Stamme.[4]) Nach R. Hartig (25) trifft dies jedoch nur für Stämme zu, welche im Schluss erwachsen sind, und auch für sie nur mit Ausnahme des unteren Stammendes, in welchem die Jahrringe eine grössere Breite haben; bei lichtem Stande der Bäume bleiben die einzelnen Jahrringe in den verschiedenen Höhen des Stammes annähernd gleich breit. Bei schräg gewachsenen Stämmen erscheint in den Jahrringen das Wachstum auf der dem Druck ausgesetzten Seite be-

[1]) Jahrbücher für wissensch. Botanik. Bd. 29 1896 S. 242.
[2]) Methoden u. Resultate der Prüfung der schweiz. Bauhölzer, 2. Aufl., Zürich 1896
[3]) Mitteilungen aus d. forstl. Versuchswesen Österreichs, 22. Heft. 1897.
[4]) P. Schuppan, nach Botan. Centralblatt. Bd. 46, 1891. S. 121.

günstigt, bei den vom Winde schief gestellten also auf der dem herrschenden Winde entgegengesetzten; ebenso ist an den Ästen das Wachstum auf der Druckseite gefördert und schon an dünnen Zweigen wächst die Unterseite in der Regel stärker als die Oberseite. Dazu kommt, dass in jüngeren Zweigen oder in älteren, aber dünnen Achsen, wenn sie einseitig belastet sind, also in der Regel an ihrer Unterseite, dickwandigeres Holz gebildet wird, welches F. Schwarz Druckholz nennt und dem Rotholz der Fichte gleichstellt. Diese Druckholztracheïden unterscheiden sich nicht wesentlich vom Herbstholz der Jahrringe, deren Funktion sie auch teilen, und für deren Entstehung Schwarz dieselbe Ursache, nämlich die Wirkung des Druckreizes annimmt.

Jeder Jahrring setzt sich aus dem sog. Frühjahrsholz und Herbstholz (von Schwarz Frühholz und Spätholz genannt) zusammen, und da die mechanische Leistung des Stammes vorzugsweise dem letzteren zufällt, welches sich aus viel dickwandigeren und englumigeren Tracheïden aufbaut, so ist der Anteil, den das Herbstholz am Aufbau der Jahrringe in den verschiedenen Teilen des Stammes und der Krone nimmt, für das Leben des Baumes von nicht geringerer Wichtigkeit, als für die technische Verwendbarkeit des Holzes. Dieser Herbstholzanteil kann sowohl aus den Bestimmungen des spez. Trockengewichtes des Holzes geschlossen, wie auch durch direkte Messungen festgestellt werden; der ersteren Methode bedienten sich u. a. R. Hartig und A. Schwappach, der letzteren ebenfalls Hartig, ferner C. Sanio (60) und F. Schwarz (71).

Das spezifische Trockengewicht des Holzes beträgt in ganzen haubaren Stämmen 0,49—0,50 bei den märkischen Kiefern (71), dagegen nur 0,475—0,48 bei den in Oberbayern untersuchten (25). Das Holz aus den untersten Stammteilen ist das härteste und schwerste, beide Eigenschaften nehmen nach oben zuerst rasch, dann in den mittleren Baumteilen langsamer ab; das Verhalten der obersten Stammteile ist wechselnd und hauptsächlich durch die Lage der Äste bedingt (71). Das spez. Trockengewicht des unteren Stammendes beträgt 0,628, das der Äste im Mittel 0,48 (25). Mit diesen Zahlen stehen die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen über den Anteil des Herbstholzes am Aufbau der einzelnen Jahrringe in Übereinstimmung. Der erste Jahrring zeigt überhaupt noch keinen Unterschied von Frühlings- und Herbstholz, eine Differenzierung der Funktionen der Wasserleitung und der Versteifung ist hier offenbar noch nicht eingetreten und die kleinzelligen Holzelemente sind ausreichend, um die noch geringe Last der einjährigen Triebe zu tragen. Auch die folgenden inneren Jahrringe weissen noch eine geringe Menge von Herbstholz auf; dessen relative Zunahme dauert mehrere Jahrzehnte fort, wobei sie etwa mit dem 40.—60. Jahr geringer und unregelmässiger wird. Während diese allmähliche Steigerung des Herbstholzprozentes in allen Stammhöhen zu beobachten ist, so wird doch in den unteren Stammteilen absolut viel mehr Herbstholz erzeugt als in den oberen, wie dies schon Sanio beobachtet hat. Für die Abnahme der Herbstholzprozente im Stamm von unten nach oben sei ein Beispiel aus den von Schwarz untersuchten Exemplaren angeführt.

Stamm von 13,7 m Länge bis zum Kronenansatz.

Scheibe	Höhe über dem Boden	In den 10 jüngsten Jahrringen. Durchschnittl. Breite d. Jahrringes	Durchschnittl. Breite d. Spätholzes	Spätholz	In den folgenden 10 Jahrringen. Durchschnittl. Breite d. Jahrringes	Durchschnittl. Breite d. Spätholzes	Spätholz
	m	mm	mm	%	mm	mm	%
I	0,3	0,90	0,44	49	0,81	0,39	48
II	1,3	0,75	0,38	51	0,74	0,35	48
III	3,4	0,68	0,33	48	0,80	0,37	46
IV	5.5	0.69	0.32	46	0.79	0,33	42

Scheibe	Höhe über dem Boden	In den 10 jüngsten Jahrringen. Durchschnittl. Breite d. Jahrringes	Spätholzes	Spätholz	In den folgenden 10 Jahrringen. Durchschnittl. Breite d. Jahrringes	Spätholzes	Spätholz
	m	mm	mm	%	mm	mm	%
V	7,6	0,70	0,27	38	0,83	0,33	41
VI	9,7	0,74	0,27	37	1,00	0,36	36
VII	11,8	0,84	0,28	34	1,32	0,39	30
VIII	13,7	1,10	0,33	30	1,49	0,36	24

Erst wenn die Wachstumsenergie des Baumes stärker vermindert wird, tritt eine langsame Verringerung der Menge des Herbstholzes ein. Mit der Breite des Jahrringes steht der Anteil des Herbstholzes nicht in direktem Zusammenhange; es ist zwar mit der Zunahme der Ringbreite immer auch eine Zunahme der absoluten Herbstholzbreite, nicht aber der Herbstholzprozente verbunden. Bei sehr breiten Jahrringen, also bei grosser Wachstumsenergie des Baumes, enthalten in der Regel die schmäleren Ringe das grösste Herbstholzprozent, bei sehr geringer Wachstumsenergie befindet sich dagegen das grösste Herbstholzprozent in den breitesten Jahrringen.

In schräg gewachsenen Stämmen, die zugleich exzentrisch sind, befindet sich in der Regel auf der Druckseite, auf welcher die Jahrringe eine grössere Breite haben, auch noch das höhere Herbstholzprozent.

Aus allen diesen Untersuchungen geht hervor, dass die Bildung von Herbstholz stets der Grösse der mechanischen Anforderungen entspricht, und dass die erforderliche Leistung durch Breite der Jahrringe, Anteil der Herbstholzprozente und Ausbildung von Druckholz in mannigfachen Kombinationen erreicht wird. Auch zwischen Höhenzuwachs und mechanischer Beanspruchung des Baumes besteht nach A. Metzker (51) eine Beziehung insofern, als ein Nachlassen des Höhenwuchses eintritt, wenn die veränderte Beanspruchung des Baumes zu einem besonders starken Dickenzuwachs des Stammes zwingt, und umgekehrt eine Steigerung des Höhenwuchses ermöglicht ist, wenn die Beanspruchung des Stammes verringert wird.

Bezüglich der Struktur des Kiefernholzes ist noch zu erwähnen, dass es Harzkanäle enthält, welche in gleichmässiger Verteilung Splint- und Kernholz der Länge nach durchziehen, durch Markstrahlgänge mit einander in Verbindung stehen und sehr lange Zeit Harz produzieren. Dasselbe besteht aus freien Harzsäuren wie Silveolsäure $C_{14}H_{20}O_2$, α-Silvinolsäure $C_{16}H_{26}O_2$ und β-Silvinolsäure $C_{14}H_{24}O_2$, ferner aus Silvoresen, ätherischem Öl und Spuren von Bitterstoff und Bernsteinsäure.[1]) Es ist in altem Holz, welches bis zu 8% Harz und darüber enthalten kann, reichlicher abgelagert als im Splint, und letzterer ist mit einem Harzgehalt von durchschnittlich $2^2/_3$% daran reicher als das Splintholz der Lärche (46). Bezüglich der Entstehung des Wundharzes gilt für die Kiefer dasselbe wie für die Tanne (vgl. S. 95).

Das Rindengewebe der Achsenorgane enthält in der primären Anordnung 2 Kreise von Harzgängen und zeigt unter der Epidermis mit grossen Unterbrechungen ein einreihiges Hypoderm; unter diesem oder direkt unter der Epidermis bildet sich an den einjährigen Trieben ein in seinem äusseren Teil dünnwandiges Periderm aus, auf dem keine Lenticellen vorhanden sind; das Auftreten dieser ersten Korkbildung gibt sich an der gelblichgrauen Färbung der bis dahin grünen Zweige zu erkennen. Etwa im 5.—6. Jahre fallen nach Mohl[2]) die Blattkissen ab, hierauf produziert das Periderm dünne Schuppen, und erst an

[1]) Tschirch, A. und Niederstadt, B. in Archiv der Pharmacie, 1901. S. 167.

[2]) Botan. Zeitung. Bd. 17. 1859. S. 338.

8—10 Jahre alten Sprossen entwickeln sich innere Korkhäute, in denen zwei Steinkorkplatten mit einer dünnwandigeren mittleren, bei der Borkeschuppenbildung zerreissenden Korkschicht liegen. Die Form der Borke an den unteren Teilen alter Stämme und im Wipfel ist auffallend verschieden: die lederfarbigen Borkeschuppen am Wipfel bis tief am Stamme herab sind kaum millimeterdick, von einem häutigen elastischen Saume umgeben, und lösen sich wegen der verhältnismässig bedeutenden Erweiterung des Stammumfanges beim Dickenwachstum frühzeitig ab; am unteren Stammteil dagegen haben die von Steinzellenplatten abgegrenzten Borkeschuppen eine Dicke bis über 2 mm, hängen fester aneinander und werden später abgeworfen, sodass sie zu mehreren cm dicken rotbraunen Schwarten verwachsen bleiben, welche in längs- und querrissige, oberflächlich sich abschülfernde Schuppen zerfallen (53). Das Verhältnis der Rinde zum ganzen Inhalt des Baumes nimmt im allgemeinen mit dem Wachsen des letzteren ab und ist bei gleichem Baumalter auf besserem Boden geringer als auf schlechterem; der prozentische Anteil der Rinde am Volumen des ganzen Stammes beträgt bei 15—40 Jahre alten Bäumen 20—35%, bei älteren 7—20%, doch sind im einzelnen grosse individuelle Verschiedenheiten vorhanden.[1] Nach Ph. Flury[2] zeigt das Rindenprozent am unteren Stammende verhältnismässig hohe Werte, bis zu 30% und darüber, fällt dann rasch und fortwährend, und nimmt erst gegen die Derbholzgrenze hin wieder ganz unmerklich zu; die Minimalbeträge sinken bis 4 und sogar 3%.

Als höchste bekannte Altersgrenze der Kiefer werden über 584 Jahre angegeben[3]; doch schätzt Kihlmann in Lappland beobachtete Exemplare (vgl. S. 176) noch älter.

Die Blühbarkeit beginnt bei freiem Stande schon mit dem 15. Jahre, im Bestand erfolgt ein reichliches Samentragen erst vom 30.—40. Jahre an, auf feuchtem Boden sogar erst zwischen dem 70. und 80. Jahre (224). Im ganzen produzieren die Kiefern reichlich Samen, die Zapfenmenge eines reich tragenden, etwa 100jährigen Baumes betrug z. B. nach Kienitz[4]) 17 l = 1630 Stück, worin 167 g entflügelte Samen enthalten waren. Eigentliche Samenjahre wiederholten sich alle 3—5 Jahre. Nach den von Schwappach[5]) veröffentlichten 20jährigen Erhebungen in Preussen ist der Zapfenertrag der Kiefer im allgemeinen sehr gleichmässig, wenigstens wechselt in den östlichen Provinzen gewöhnlich eine reiche Ernte mit zwei mittleren, und gehören geringe oder gar Fehlernten hier zu den Ausnahmen. Im Durchschnitt wird etwa alle 3 Jahre das einer vollen Ernte entsprechende Samenquantum produziert, in günstigen Fällen reichen hierzu 2 Jahre hin, unter ungünstigen Bedingungen verlängert sich diese Periode auf 4 Jahre. Der durchschnittliche jährliche Samenertrag wurde auf 37,6% einer vollen guten Ernte festgestellt.

Die Blüten sind einhäusig verteilt, doch sollen sich (29a) bisweilen Bäume finden, die nur männliche, und andere, die nur weibliche Blüten tragen; häufig sind Bäume, die vorwiegend männlich und solche, die vorwiegend weiblich blühen. Eine ausgesprochene Anordnung der weiblichen Blüten auf den Gipfelästen, wie dies bei der Tanne und Fichte der Fall ist, findet hier nicht statt. Die Blütezeit fällt in den Anfang Mai bis Anfang Juni, in Giessen durchschnittlich auf den

[1]) R. Hartig in Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. Bd. 5. 1873. S. 195—203. — Forstl.-naturw. Zeitschr. Bd. 1. 1892. S. 185. — E. Omeis in Forstl.-naturwiss. Zeitschr. Bd. 4. 1895. S. 147.

[2]) Mitteil. d. Schweizer. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 5, 1897, S. 203.

[3]) Böhmerle, K., in Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen, Bd. 12, 1886, S. 77.

[4]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Bd. 13. 1881. S. 549.

[5]) Vgl. S. 149, Anm. 3.

16. Mai. Die Windblütigkeit von *Pinus silvestris* ist schon von Sprengel (174) erkannt worden, der auf die ausserordentliche Menge des hervorgebrachten Pollens und auf die Notwendigkeit dieser scheinbaren Verschwendung aufmerksam macht, da die Bestäubung der unansehnlichen kronenlosen weiblichen Blüten durch den Wind es mit sich bringe, dass „von hundert, vielleicht von tausend Samenstäubchen eines auf eine weibliche Blüte gerät".

Die männlichen Blüten entspringen in grosser Anzahl an Stelle von Kurztrieben aus den unteren Schuppenblättern eines Jahrestriebes, welcher am oberen Ende weiter fortwächst und nadeltragende Kurztriebe hervorbringt (222); sie sind rings um die Oberfläche des aufrechten Triebes traubenförmig gestellt und nehmen auf ihren kurzen Stielen eine schief aufrechte Lage ein, tragen am Grunde 4 Schuppenblätter, sind von gelber Farbe und von eiförmiger Gestalt, 6—7 mm lang, denen der Tanne und Fichte ähnlich (vgl. Fig. 67 A, S. 151). Die Antheren besitzen nur einen niedrigen Konnektiv-Kamm, ihre beiden Pollensäcke öffnen sich nach unten mit je einem Längsspalt (vgl. die Abbildung bei *P. montana*) und entlassen den schwefelgelben mehligen Pollen, welcher bei ruhiger Luft auf der Rückenfläche der tiefer stehenden Antheren abgelagert wird, um von Windstössen entführt zu werden (95). Die reichlichen Pollenmassen geben ebenso wie die der Fichten nicht selten zur Entstehung von „Schwefelregen" und „Seeblüten" Veranlassung (vgl. Fig. 68, S. 151). Die Pollenkörner sind, wie die der Tannen und Fichten (vgl. Fig. 33, S. 97), mit 2 durch Hervorwölbung der Exine entstandenen Luftblasen zur Verringerung ihres spez. Gewichtes versehen, aber von geringerer Grösse, ca. 0,075 mm lang, 0,045 mm dick. In einigen Gegenden sind Kiefern mit rosa bis karmin-braunrot gefärbten Antheren (var. *erythranthera* Sanio) beobachtet worden, sodass man den Baum als heteranther bezeichnen kann. Der Pollen enthält nicht unbedeutende Mengen von tierischen Nährstoffen, nach Kresling[1]) 11—12% Fett, 12,75% Rohrzucker, 7,4% Stärke, 2,54% stickstoffhaltige Verbindungen, wie Globulin, Nucleïne, Pepton und verschiedene Amide; trotzdem sind als Besucher der Blüten nur einige Käferarten (in Österreich) beobachtet worden (102). Nach dem Stäuben verwelken die männlichen Blüten und fallen ab, wobei sie am Zweige höckerige Narben zurücklassen.



Fig. 101. *Pinus silvestris.* Weibliche Blüte. 8:1. (Orig K.)

Die weiblichen Blüten (Fig. 101) erscheinen an der Spitze junger Triebe, welche im nächsten Jahre weiter wachsen, einzeln oder zu 2, bisweilen auch zahlreicher; sie entspringen aus den obersten Blattachseln des Jahrestriebes und entsprechen Langtrieben. Sie sind, da sie sich vor den zweinadeligen Kurztrieben entwickeln, von allen Seiten frei zugänglich, haben die Form kugeliger, 5—6 mm langer, auf dichtbeschuppten Stielen stehender Zäpfchen von rotbrauner, auch hochroter oder grünlicher Farbe, zeigen eine ziemlich aufrechte Stellung

[1]) Archiv der Pharmacie, Bd. 229. 1891. S. 389—425.

und bestehen aus rundlichen dünnen Deckschuppen und etwas kürzeren, fleischigen, schräg nach aufwärts gerichteten Fruchtschuppen; deren dunkelroter Vorderrand geht in eine ebenso gefärbte Spitze aus, und diese setzt sich nach unten in eine in der Mitte der Fruchtschuppe verlaufende Schwiele fort (vgl. die Abbildung bei *P. montana*). Zu derselben Zeit, in welcher die Antheren zu stäuben beginnen, streckt sich die Achse der weiblichen Blüte, sodass die Schuppen auseinander rücken und ein Zugang zu den beiden am Grunde der Fruchtschuppe sitzenden Samenanlagen eröffnet wird. Diese wenden, wie bei den verwandten Coniferen, ihre mit zwei hörnchenförmigen, in der Ebene der Schuppe liegenden Fortsätzen versehenen Mikropylen nach unten und innen, sodass diese wiederum in die kanalartigen Gänge hineinreichen, die infolge der spiraligen Anordnung der Schuppen an der Zapfenachse und infolge der Verengung der Schuppenbasen sich um die Achse herumziehen; die Mikropylenfortsätze sind mit Flüssigkeit prall angefüllt und sondern dieselbe aus. Der auf die glatte Oberseite der Fruchtschuppen fallende Pollen rollt auf dieser beiderseits von der mittleren Schwiele herab und gelangt in der Weise wie bei der Fichte an die Mikropylen (73, 74).

Alsbald nach dem Eintritt der Bestäubung neigen sich die weiblichen Blüten durch Krümmung ihres Stieles abwärts, die Fruchtschuppen setzen ihr Längen- und Dickenwachstum ungefähr gleichmässig fort und durch letzteres wird die Bildung der Apophyse veranlasst. Dabei wird der anfänglich auf der Innenseite der Schuppe stehende Kiel durch starkss Wachstum der Innenseite nach aussen gerückt und bildet zuletzt den Nabel auf der Mitte der Apophyse. Deren Epidermis zeigt im Gegensatz zur Ober- und Unterseite der Fruchtschuppe stark ausgebildete Kutikularschichten, unter ihr liegt ein grosszelliges Gewebe, aus welchem sich im Sommer 2 oder mehr Lagen sklerenchymatischer Zellen ausbilden, deren dicke Wandungen bräunlich gefärbt sind, und darunter befindet sich nun ein aus 6—8 Schichten bestehendes engzelliges Korkgewebe. Deshalb zeigt im August der junge Zapfen eine graubraune Färbung, die Fruchtschuppen haben sich jetzt dicht zusammengelegt, später greifen Haarbildungen auf ihren Berührungsflächen so in einander, dass ein vollständiger Verschluss der Zapfen zum Schutz der Samen erreicht wird, und die Apophysen stossen trotz der Streckung des ganzen Zapfens lückenlos aneinander. Das Wachstum der Deckschuppen ist inzwischen ganz stehen geblieben. Im Herbst ist der junge Zapfen 7 mm lang und 4 mm dick, sein Stiel hat eine Länge von ca. 9 mm; in diesem Zustand verharrt er bis zum kommenden Frühjahr, in welchem er, auf seinem Stiele herabgebogen bleibend, ein lebhaftes Wachstum zeigt. Die Fruchtschuppen wachsen vorzugsweise in die Länge, aber auch in die Breite und Dicke; da sie sich auf der Ober- und Unterseite gleichmässig strecken, so trägt die Apophyse im 2. Jahre den Kiel auf ihrer Mitte, und rings um ihre vorjährige braune, zentral bleibende Endfläche bildet sich eine peripherische Zone von lebhaft grüner Färbung; später erfahren deren Gewebe dieselbe Veränderung und Braunfärbung, wie vorher der zentrale Teil. Das anfänglich parenchymatische übrige Grundgewebe der Fruchtschuppe mit Ausnahme einiger Zelllagen an der Oberseite der Gefässbündel bildet sich, zuerst an der Unterseite und von der Basis nach der Spitze fortschreitend, in ein sklerotisches Prosenchym um, wodurch die Schuppen eine bedeutende Festigkeit erlangen und den eingeschlossenen Samen einen hinreichenden Schutz gegen äussere atmosphärische Einflüsse bieten können. Auch jetzt noch bleiben sie so fest geschlossen, dass die Apophysen eine durch keinerlei Ritze unterbrochene Aussenfläche des Zapfens bilden. Im folgenden Frühjahr erlangt derselbe seine vollkommene Reife; er bleibt nach unten gewendet, ist von einer ei- oder kegelförmigen Gestalt, am Grunde schief ausgebildet, $2^1/_2$—7 cm lang, in Grösse, Stellung der Schuppen, Form und Farbe der Apophysen sehr variierend. Im

zeitigen Frühjahr öffnet sich der Zapfen, indem sich seine Schuppen, von oben beginnend, beim Austrocknen infolge des Vertrocknens und Einschrumpfens des in der Nähe der Gefässbündel übrig gebliebenen Parenchyms von einander lösen[1]) und sich mit einem deutlich vernehmbaren knackenden Geräusch so weit auseinander spreizen, dass die Samen zwischen ihnen herausfallen können. Dies geschieht nach Vonhausen[2]) hauptsächlich in den Nachmittagsstunden unter dem Einfluss austrocknender Ost-, Süd- oder Südwest-Winde, die zugleich die ausfliegenden Samen weiter transportieren. Vaucher (187) bespricht bereits die zweckmässigen Bewegungen der Zapfenschuppen bei den Kiefern: „sie öffnen sich zur Bestäubung, schliessen sich zum Ausreifen und öffnen sich zum zweitenmal zur Aussaat.“ Nach dem Entlassen der Samen bleiben die leeren Zapfen noch bis zum Herbst an den Zweigen hängen. Nur im mittleren Teil des Zapfens bilden sich vollkommene Samen aus, im oberen und unteren Zapfenteil dagegen verkümmern sie mehr oder weniger, und die Schuppen, welche verkümmerte Samen tragen, bleiben fest geschlossen auf einander liegen.

Die Samen haben ein ähnliches Aussehen wie die Fichtensamen, sind 3 bis 5 mm lang, von eiförmig-länglicher Gestalt und schwärzlicher, doch auch hellbrauner Farbe; ihr Flügel ist von verschiedener Grösse, meist 15 bis 20 mm lang, dünn, der Länge nach stark S-förmig gekrümmt (Fig. 102). Dieser Flügel ist aus einem Anhang des Integumentes hervorgegangen und bedeckt anfänglich den Samen auf seiner vorderen und hinteren Fläche, wird dann aber beim Heranwachsen des Samens so zerrissen, dass er nur noch dessen Seitenkanten umfasst und festhält (78). Die Samen sind, wie die der vorher besprochenen Nadelhölzer, in der Hauptsache anemochor und zu dem Typus der Schraubenflieger gehörig; beim Fallen stellen sie sich fast immer so, dass die Konkavität der Flügelbasis nach aufwärts, die der Flügelspitze nach abwärts gerichtet ist (34). Sie haben ein geringes Gewicht, welches sich im Durchschnitt mit dem Flügel auf 8—8,7 mgr, ohne denselben auf 5,5—6,6 mgr beläuft, und können wegen der grossen Reibungsfläche, welche der Flügel der Luft darbietet, vom Winde leicht fortgetragen werden. Übrigens sind sie auch geeignet, sich eine Zeit lang auf dem Wasser schwimmend zu erhalten, sie werden ausserdem bisweilen von Vögeln, besonders *Sitta europaea*, verschleppt und gelegentlich auch durch Ameisen verbreitet. Indessen ist die wirksamste Verbreitung der Samen auf grössere Entfernungen — es sind solche von 1 bis 2 Kilometer beobachtet worden — ohne Zweifel die anemochore (171). Nach dem Ausfliegen der Samen löst sich ihr Flügel leicht ab, indem er von den beiden Seitenkanten, die er mit seinem Ende

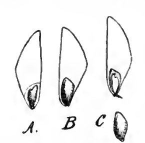


Fig. 102. *Pinus silvestris.* Samen mit Samenflügel. A von der inneren, B von der äusseren Seite; C Same getrennt von dem Flügel, der ihn mit seiner zangenförmigen Basis umfasst hatte. 1:1. (Orig. K.)

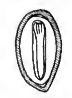


Fig. 103. *Pinus silvestris.* Längsschnitt durch den reifen Samen; in einer Höhlung des Nährgewebes liegt der Embryo. 6:1. (Orig. K.)

[1]) Über die Veränderungen der Fruchtschuppen während ihres Wachstumes vgl. A. Kramer, Beitr. z. Kenntnis der Entwickelungsgeschichte und des anatomischen Baues der Fruchtblätter der Cupressineen und der Placenten der Abietineen. Dissert. Leipzig 1885.

[2]) Allg. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 57. 1881. S. 431.

zangenartig umfasst, abreisst. Der frische Samen enthält nach Jahne[1]) 9,64 % Wasser, 30,25 % Ätherextrakt, 18,25 % Rohfaser, 25,87 % Protein, 5,95 % Asche, 10,04 % Harze und stickstofffreie Extraktstoffe; Stärke, Zucker und Dextrin fehlen. In dem ölhaltigen weissen Nährgewebe liegt der farblose Embryo eingebettet, welcher 4—7, meist 6 Kotyledonen trägt (Fig. 103).

Nach einer Angabe von C. F. Gärtner (51) besitzt die Gattung *Pinus*, worunter vielleicht *P. silvestris* verstanden ist, Fruchtungsvermögen, bei dem sich nur taube Samen ausbilden.

Auf vegetativem Wege vermehrt sich die Kiefer nicht; bei Veredelungen kann sie als Unterlage für alle andern *Pinus*-Arten, am besten für die zwei- und dreinadeligen, auch für Cedern dienen.[2])

Vergleichen wir zum Schlusse in Bezug auf Organisationshöhe die Kiefern mit den Fichten, Tannen und Lärchen, so müssen wir sie als die weitest entwickelte, höchst organisierte Gattung in der Familie der Pinaceen bezeichnen. Diese Ansicht gründet sich auf folgende Erwägungen:

1. Bei den Kiefern ist die Arbeitsteilung zwischen Lang- und Kurztrieben am weitesten vorgeschritten: Fichte und Tanne haben überhaupt nur Langtriebe; bei der Lärche tragen beiderlei Triebe assimilierende Nadeln, bei den Kiefern aber spielen die Langtriebe nur noch die Rolle von Kurztriebträgern; ihre Blätter sind reduzierte Schuppen und die Kurztriebe allein tragen grüne Nadeln.

2. Die Kurztriebe sind so stark als Assimilationstriebe spezialisiert, dass sie gleichsam nur noch die Rolle von Blättern spielen. Sie entwickeln sich wie Blätter gleichzeitig mit ihrer Mutterachse. Dieser Fall normaler Prolepsis (d. h. Entwicklung der Seitenachse im gleichen Jahr wie die Hauptachse) ist hier eben durch die Reduktion der Langtriebblätter in chlorophyllose Schuppen veranlasst. Würde sie nicht stattfinden, so stünde der Langtrieb ein ganzes Jahr als nackter, blattloser Trieb da.

3. Nirgends ist das Auftreten der Blüten so fest geregelt, wie bei *Pinus*: männliche Blüten an Stelle der schwächeren, der Kurztriebe, weibliche an Stelle der stärkeren, der Langtriebe.

4. Die Fruchtschuppe zeigt eine Arbeitsteilung, wie sie sonst nirgends besteht: in einen unteren, samentragenden, und einen oberen, durch festen Zusammenschluss schützenden Teil, die Apophyse.

6. Pinus montana Mill., Bergkiefer.

(Bearbeitet von Schröter und Kirchner.)

Wie die übrigen *Pinus*-Arten des Gebietes, so ist auch die Bergkiefer ein mykotropher, immergrüner Wipfelbaum. Sie zeichnet sich durch reiche Vielgestaltigkeit in Wuchs und Zapfenbau, durch weitestgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Standortsbedingungen aus, und ist der genügsamste und abgehärtetste von allen unsern Nadelbäumen. Vom stattlichen, bis 26 m hohen Baum bis herab zu einem der Erde angeschmiegten Strauch findet sich die Bergkiefer in allen Übergängen (Fig 105); sie bewohnt das schwankende Hochmoor, das trockenste Dolomitgeröll und die sonnigsten Felshänge des Hochgebirges, gedeiht aber andrerseits in Kulturen trefflich auch auf dem losen Flugsand der Dünen und dem magern Boden der Heide und ist für die Aufforstung solcher Flächen von ganz hervorragender Bedeutung geworden.[3]) Die Frage nach den ökologischen Bedürf-

[1]) Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 7, 1881, S. 364.

[2]) Teichert, O. in Lebl's Illustr. Gartenzeitung. Bd. 25. 1881. S. 35.

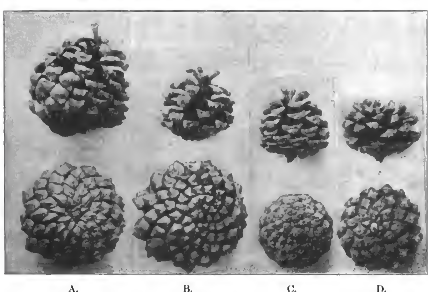
[3]) Müller, P. E. Om Bjergfyrren (*Pinus montana* Mill.). Tidsskrift for Skovbrug. Bd. 8, 9, 11. Kjöbenhavn 1887. (Auch separat im Buchhandel.) — Diese Arbeit ist neben den Untersuchungen von Willkomm die wichtigste über die Bergkiefer.

nissen und Anpassungen dieses Baumes und nach seiner geographischen Verbreitung ist so innig mit der Auffassung der Wuchsformen und Zapfenvarietäten verknüpft, dass eine orientierende Übersicht über dieselben hier vorausgeschickt werden muss.

I. Zapfenformen.

Nach dem Bau der Zapfen lassen sich folgende drei, allerdings ganz allmählich in einander übergehende Unterarten unterscheiden:

A. *P. uncinata* Antoine, Hakenkiefer (Fig. 104 A, B). Sie hat stark unsymmetrische Zapfen, welche exzentrisch gestielt, am Grunde mehr oder weniger verschmälert sind. Die Schuppenschilder (Apophysen) ragen auf der freien Seite stärker vor als auf der dem tragenden Zweig zugewandten, und sind kapuzen-



A. B. C. D.

Fig. 104. *Pinus montana.*
Zapfenformen (von Exemplaren aus dem Val Sesvenna, Unterengadin).
A. P. uncinata Ant. var. rostrata Ant. B. P. uncinata Ant. var. rotundata Ant. C. P. pumilio Haenke. D. P. mughus Scop. (Nach Schröter, Pflanzenleben d. Alpen.)

oder pyramidenförmig erhöht und nach dem Grunde des Zapfens zurückgekrümmt. Von dieser Unterart sind noch zwei Varietäten auseinander zu halten.

I. *var. rostrata* Antoine, Schnabelkiefer, mit stark hakigen Apophysen; die Pyramide, aus welcher dieser Haken besteht, ist so hoch oder höher als breit (Fig. 104 A). Vorzugsweise im Westen: Spanien, Pyrenäen, Westalpen und Schweiz.

II. *var. rotundata* Antoine (man könnte sie Buckelkiefer nennen) hat dagegen einen schwach ausgebildeten Haken an der Apophyse; die Pyramide ist weniger hoch als breit oder es ist nur das Oberfeld der Apophyse kapuzenförmig erhöht (Fig. 104 B). Die verbreitetste Abart: in den gesamten Alpen mit Ausnahme des westlichen Teiles.

B. *P. pumilio* Haenke, Zwergkiefer (Fig. 104 C); der Zapfen ist, von unten gesehen, ringsum gleichmässig ausgebildet, in der Mitte gestielt. Dabei ist die einzelne Apophyse exzentrisch gebaut, ihr Nabel liegt unter der Mitte. Vorwiegend östlich und nördlich: von der Schweiz bis Bosnien, Herzegowina und Montenegro; auch im Jura, Schwarzwald, Fichtelgebirge, böhmischen und bayerischen Wald, Riesen- und Isergebirge, Karpaten.

C. *P. mughus* Scop. (Fig. 104 D), ebenso wie die vorige, aber die Apophyse zentrisch, d. h. ihr Nabel in der Mitte des hier stets flachen Schuppenschildes. Lokalrasse der Ostalpen und Balkanländer, selten in der Schweiz, häufig in den Ostalpen und an ihrem Fusse.

II. Wuchsformen.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Formen zeigt Fig. 105; sie lassen sich folgendermassen gruppieren:

A. Baumform (mit deutlichem Stamm).

I. Aufrecht, einstämmig, bis 26 m Höhe erreichend (Fig. 105 A); der Wuchs ist hier eine samenbeständige, erbliche Eigenschaft. Diese Form kommt vor:

a) Ausgedehnte Wälder in subalpiner Lage bildend, bis zur Baumgrenze: Spanien (Serrania di Cuenca in Zentralspanien, Hocharragonien, Catalonien), Ost- und Zentral-Pyrenäen, Westalpen (Mont Ventoux, Hautes Alpes bes. im Briançonnais, Savoien), Schweizer Alpen (Anzeindas, Waadt, 1600 m; Planard von Lens 1650 m; Grächenwald im Saastal 1700—2000 m, ca. 50 ha; Wolfgang bei Davos 1600—1700 m; am ausgedehntesten im Ofengebiet 1800 bis 2300 m, 2600 ha), Schwaben, Oberpfalz, Böhmerwald, Südböhmen, Erzgebirge. Man hat den Anbau der stattlichen westalpinen Form in Dänemark versucht, aber sie leidet stark von *Lophodermium Pinastri*, und eine widerstandsfähige Rasse hat man noch nicht zu züchten vermocht.

b) Waldreste auf Hochmooren, bis 18 m hohe Bäume: Jura (z. B. Seignelégnier, Les Ponts, la Brevine), voralpine Hochmoore der Schweiz (Freiburg, Schwarzeneck, Einsiedeln u. a.), Niederösterreichs (im Neogenbecken von Gmünd) bis weit nach Böhmen hinein (schöne, fast reine Waldbestände).

c) Vereinzelt oder in Horsten zwischen Legföhren auftretend; häufig in den Schweizer Alpen, nur vereinzelt in Tirol, fehlt völlig im Legföhrengürtel der Sudeten und Karpaten.

II. Mehrstämmig, aufrecht (Fig. 105 B); sehr häufig im Gebiet der hochstämmigen Form, besonders auf sonnigen Felshängen, auf Schuttkegeln, aber auch auf Hochmooren; sie beginnt eine Übergangsreihe zur Legföhre, bedingt durch Niederliegen der Seitenstämme (Fig. 105 F). Die dänischen Kulturen der Bergkiefer bestehen hauptsächlich aus dieser mehrstämmigen Form, bei der freilich später meist ein Stamm die Führung übernimmt; aber auch dieser herrschende Stamm ist am Grunde krumm gewachsen[1]. Sie ist, soweit man ihre Abkömmlinge verfolgen kann, in hohem Grade samenbeständig; die im norddeutschen Dünenbau verwendeten Exemplare stammen aus dänischem Samen und gehören derselben Form an. Daneben fand Müller (a. a. O.) in Dänemark in geringer Zahl die ganze übrige Reihe der Wuchs- und Zapfenformen

[1] Die ersten Samen wurden nach Oppermann i. J. 1798 von Eisenach in Dänemark eingeführt, sie stammten nach Müller's Vermutung aus dem Erz- oder Fichtelgebirge; die Form ist die mitteldeutsche *rotundata*.

von der typischen einstämmigen *rostrata* bis zur ganz legföhrenartigen *mughus*; sie stammen aber z. T. nachweislich aus späteren Sameneinführungen, sodass sie zu Schlüssen über Variationsbreite der Abkömmlinge derselben Rasse nicht zu verwenden sind.

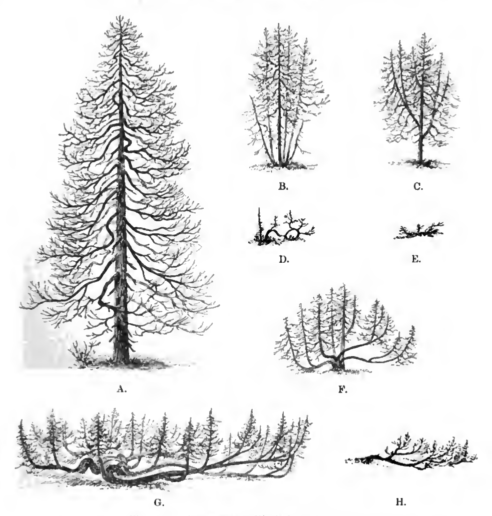


Fig. 105. *Pinus montana.* Wuchsformen, 1 : 100.

A. Grösste und breitkronigste Baumform der Pyrenäen und Westalpen, 20 m hoch. B. Mehrstämmige, C mehrwipfelige Form der Bergwälder, 8 m hoch. D, E. Kümmerform („Kuscheln") auf Hochmooren, 0,5—2 m hoch. F. Übergangsform zwischen Baumform und Legföhre, 5 m hoch. G. Riesenexemplar der Legföhre, 2,5 m hoch, 16 m Kronendurchmesser. H. Extrem einseitig ausgebildete Windform der Legföhre. (Nach Schröter.)

III. Mehrwipfelige Kandelaberform (Fig. 105 C), mit oder ohne Verletzung des Hauptgipfels; häufig zwischen I.

IV. Kurzstämmige, dicht buschig beastete Form; so als Glazialrelikt auf den Molasse-Vorbergen der Schweizer Alpen (Uto, Albis bei Zürich u. a.) und auf jurassischen Felsklippen (Ravellenfluh bei Oensingen).

V. Niederliegende, einstämmige Windform; an windoffenen und schneedruckgefährdeten Orten von Müller festgestellt (Fig. 105 H).

VI. Reduzierte Kümmerform (Fig. 105 D, E) der nassen Hochmoore (Kuscheln oder Kusseln), in allen Übergängen zur Baumform beobachtet; keine erbliche, sondern eine Standortsform, die bei Entwässerung der Moore in die Baumform übergeht (Willkomm).

B. Buschform (ohne Hauptstamm).

1. Typische Legföhre (Fig. 105 G): vom Wurzelhals aus gehen radial nach allen Seiten mit dem ebenfalls liegenden Hauptstamm gleichwertige Äste, die sich in knieförmiger Biegung nach oben wenden (daher Knieholz, Krummholz) und eine förmliche Schale bilden. Vorkommen:

a) Als Standortsform auf ungünstigen Lokalitäten der Westalpen im Gebiet der aufrechten *uncinata* subsp. *rostrata* (Müller, a. a. O. S. 22).

b) Als erbliche Varietät im Legföhrengürtel der Alpen von der Schweizer Grenze bis zum Wiener Schneeberg, immerhin gemischt mit aufrechten Formen; sie tritt in allen Zapfenformen auf (in der Schweiz vorherrschend *rotundata*, in den Ostalpen *pumilio* und *mughus*; *rostrata* ist selten).

c) Als erbliche und sehr konstante Wuchsform bei der Sudeten- und Karpathenrasse, meist als *pumilio*.

Es ist von nicht geringem Interesse, zu sehen, wie die verschiedenen Autoren die Wuchs- und Zapfenformen von *P. montana* aufgefasst haben. Willkomm (Beiträge zur Forstbotanik. 1. Versuch einer Monographie der europäischen Krummholzkiefern. Jahrb. der Forstakademie zu Tharand. Bd. 14. 1861. S. 168—258. Willkomm verarbeitete in diesem grundlegenden Aufsatz auch die ihm von Th. Hartig im Manuskript zur Verfügung gestellten, mit den seinigen übereinstimmenden Beobachtungen) unterschied zuerst klar die Bergkiefer von *P. silvestris*. Er stellte die oben erwähnten drei Unterarten, aber als eben so viele Arten, auf; bezüglich der Wuchsformen ist er der Meinung, dass sie lediglich von den Standortsverhältnissen bedingt seien.

Sendtner (Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. 1854, S. 523—530) unterscheidet in den bayerischen Alpen scharf zwischen zwei Formen, die aber nur nach ihrem Vorkommen und ihren Bodenansprüchen, nicht nach morphologischen Merkmalen verschieden sein sollen. Die Kalkpflanze nennt er *P. mughus* Scop. (wenn sie aufrecht wächst: *var. obliqua* Sauter); die kalkfeindliche Pflanze der Hochmoore bezeichnet er als *P. pumilio* Haenke (wenn aufrecht: *var. uliginosa* Neumann). Diese „Arten" Sendtners sind mit denen Willkomms keineswegs identisch; Willkomm sagt, dass auf Kalk wie auf Mooren seine sämtlichen drei Arten vorkommen können.

O. Heer (Föhrenarten der Schweiz. Verh. d. schweiz. naturf. Ges. 1862) vereinigt die Willkomm'schen Arten als Abarten zu einer Art und sieht die Wuchsformen teils als Standortsmerkmal, teils als erblichen Artcharakter an. Er unterscheidet: *P. uncinata*, die Hakenföhre, mit aufrechtem Stamm, auf mineralischem Boden wachsend; *P. uliginosa*, die Moorkiefer, mit einfachem oder mehrfachem Stamm, auf Hochmooren; *P. humilis*, die Legföhre, mit unsymmetrischen, und *P. pumilio*, die Zwergföhre, mit symmetrischen Zapfen.

Christ (19) schliesst sich in der Unterscheidung der Formen an Heer an: auch er unterscheidet die aufrechte baumförmige *uncinata*, die „schiefe" Sumpfform *uliginosa* und die Legföhre *pumilio*.

Drude (36) nimmt einen ähnlichen Standpunkt ein; er gruppiert so: *uncinata rostrata* ist die Baumform des Hartbodens, *uncinata rotundata* die Sumpfform, *pumilio* die Legföhre der Alpen, *mughus* eine lokalisierte Rasse derselben.

P. E. Müller (a. a. O. S. 146 ff.), der nach Willkomm die eingehendsten Studien über die Bergföhre durch Beobachtungen in allen ihren Heimatgebieten angestellt hat, kommt hauptsächlich nach geographisch-biologischer Methode zu folgender Umgrenzung: Rasse A ist die „Riesengebirgsform", die rein buschförmige typische Legföhre, wie sie in den Karpathen, Sudeten, Isergebirge und Lausitzergebirge, also in einem Gebirgsbogen von etwa 15 Längengraden herrscht; Zapfen kaum variierend, stets symmetrisch, ohne Haken; also typische *pumilio*. Rasse B ist diejenige der Westalpen und Pyrenäen, eine ursprünglich hochnordische oder subalpine Form, deren jetzige Heimat durch Fernhalten gefährlicher Rivalen die Erhaltung der Baumform begünstigt hat; unter ungünstigen Verhältnissen wird aber auch diese Form niedrig oder legföhrenartig. Hier wäre also der Legföhrenwuchs eine Wirkung des Standortes! Rassengruppe C besteht aus zahlreichen Lokalrassen der Zentralalpen von dürftigerer Entwicklung als B, aber von günstigerer als A: die Variation der Zapfen umfasst die gesamte Formenreihe, immerhin mit Vorherrschen der *uncinata rotundata*. — Diese drei geographisch charakterisierten Hauptformen lassen sich nach Müller immerhin ganz gut in die Willkomm'sche Einteilung einreihen: die Dauphiné-Form gehört im allgemeinen zur *uncinata-rostrata*-Gruppe, diejenige des Rhein- und Donaubeckens zur *uncinata-rotundata*, die Sudeten-Karpathen-Form zu *pumilio*. „Es sind aber diese Rassen nicht durch systematische Merkmale zu unterscheiden, sie lassen sich kaum anders charakterisieren, als durch die Art ihres Variationskreises und durch habituelle Eigentümlichkeiten." (Müller a. a. O. S. 158.)

Die drei Heer'schen Variationen mit unsymmetrischen Zapfen, seine *uncinata*, *uliginosa* und *humilis*, sind wohl alle als Lokalvarietäten der *rotundata*-Gruppe aufzufassen; die *pumilio* der Alpen ist schwierig zu beurteilen, vielleicht ist auch sie nur eine Lokalvarietät.

„Zweifellos hat die Sudetenrasse so nahe Verwandte auf den Kämmen des Böhmerwaldes und den über der Waldgrenze liegenden Bergen der bayerischen, tiroler und östlichen schweizer Alpen, dass es willkürlich wäre, eine scharfe Grenze zwischen den südlichen und nördlichen Formen dieser Rasse zu ziehen, um so mehr als das Vorkommen überall dasselbe ist: ein Strauchgürtel oberhalb der Waldgrenze. Dieser Legföhrengürtel fehlt völlig in der Dauphiné und den Pyrenäen, während buschförmige Individuen auf mageren Stellen sich innerhalb der Bergföhrenzone überall finden. Die eigentliche *pumilio*-Rasse ist aber entschieden eine nördliche und nordöstliche Form (s. auch Christ), und nichts hindert uns, anzunehmen, dass die subarktische Legföhrenzone der Glazialperiode sich in Mitteleuropa über der Baumgrenze erhalten hat. Aber wenn wir jetzt die *pumilio*-Rasse in den Alpen stärker variieren sehen, als in den Sudeten, und wenn wir uns erinnern, dass diese Standorte auch die Buche zu einer analogen Zwergform umgestalten, so liegt es nahe, die Ursache für die stärkere Variation der Legföhre in den Alpen darin zu sehen, dass die typischen *pumilio*-Formen in den Alpen stark gemischt sind mit Zwergformen der hier (nach Heer) herrschenden *rotundata*. Es sollte nicht schwer sein, zu entscheiden, ob der alpine Legföhrengürtel wirklich nur aus *rotundata*-Formen besteht, welche durch den Standort zu Legföhren geworden sind. Der Kampf ums Dasein mit den andern Bäumen gibt uns den Schlüssel für das Verständnis der Mannigfaltigkeit der Formen in diesem Gebiet: die baumartige Bergkiefer hat jedenfalls früher eine grössere Verbreitung gehabt; sie wurde infolge ihres langsamen Wachstums, ihres Lichtbedürfnisses und ihrer Genügsamkeit zurückgedrängt auf Stellen, wo die Tannen nicht wachsen können, nämlich an die für irgend eine Waldvegetation schlechten Stellen, über die Höhengrenze des Waldes, an Orte von zu geringer Luftfeuchtigkeit, an windgefegte Stellen, nördlich und westlich vom Ausbreitungsgebiet der Zirbelkiefer, im ganzen also an exzentrische Örtlichkeiten. Der Einfluss der Standorte auf die Form kann aber einerseits Standortsmodifikationen

hervorgerufen, andererseits Legföhren gezüchtet haben, ohne dass die ursprüngliche Baumform zu verschwinden brauchte; so kann der Buschcharakter erblich oder Standortsform sein, mit allen Übergängen.“ (Müller a. a. O.)

Die Bergkiefer gehört zu den Lichtholzarten, jedoch in weniger ausgeprägtem Masse, als die gemeine Kiefer; sie schliesst sich in dieser Beziehung ihren etwas weniger lichtbedürftigen Geschlechtsgenossen, wie Schwarzkiefer, Weymouthskiefer und Arve, an (30). Badoux[1]) fand bei Versuchen mit Beschattung durch Deckgitter, dass 5jährige Legföhrenpflanzen im Vergleich mit *Pinus silvestris, P. nigra* und *Picea excelsa* unter verschiedenen Beschattungsgraden folgende Höhen erreichten:

Beschattungsgrad	Höhe in cm			
	P. montana:	*P. silvestris:*	*P. nigra:*	*Picea excelsa:*
$^2/_3$	32,9	43,3	38,1	55,5
$^1/_2$	54,2	78,8	63,5	64,1
$^1/_4$	62.1	94,5	81.7	57.4
0 (frei)	60,3 u. 66,6	103 u. 121	79 u. 88	62 u. 66

Das geringere Lichtbedürfnis der Bergkiefer gegenüber der gem. Kiefer geht auch aus ihrem Habitus hervor: die Nadeln bleiben länger an den Zweigen sitzen, die unteren beschatteten Äste sterben nicht ab; der Baum erträgt einen viel höheren Grad des Bestandesschlusses, namentlich die Legföhrendickichte sind oft ausserordentlich schattend und doch kommen die jungen Pflanzen gut auf; auch die Beschirmung durch Lärche, Birke, Arve und licht stehende Fichten wird gut ertragen (30). Den Schatten geschlossener Rot- und Weisstannenwälder erträgt die Bergkiefer nicht; hier unterliegt sie und flüchtet sich auf die Standorte, welche den anspruchsvollen Tannen zu dürftig sind, z. B. im Ofengebiet auf die sterilen Kalkhalden und auf das Areal über der Fichtengrenze, in Südbayern auf die Bergkämme, wo Wind und Schneedruck die Fichte ausschliessen, in Böhmen auf die nassen Hochmoore, auf die Blockwildnisse des Steinmeeres und windgefegte Kämme (Müller). Die verschiedenen Varietäten sind vielleicht auch in Betreff des Lichtbedürfnisses auseinanderzuhalten. Müller fand die Hakenkiefer der Westalpen wenig lichtbedürftig. Die reinen Wälder aus baumförmigen Bergkiefern, wie sie in typischer Entwicklung bei Briançon von diesem Autor studiert wurden, zeigen aus einiger Entfernung eine auffallende Ähnlichkeit mit Fichtenwäldern: die schlanken Stämme stehen ziemlich dicht, ihre pyramidalen Kronen gleichen denen der Fichten, der starke Schatten und der beinahe nackte Waldboden erhöhen die Analogie. In einer der bestgeschlossenen Waldpartien des Bois de l'ours bei Briançon, 1946 m ü. M., ergab eine Probefläche von 422,49 qm 74 150—200jährige Stämme, nämlich

26 Stämme	von 98,596 qcm durchschn. Kreisfläche	und 9,42 m Höhe	
23 „	„ 295,788 „ „	„ 12,56 „ „	
25 „	„ 512,69 „ „	„ 14,13 „ „	

Das macht pro ha 1755 Stämme mit einer Gesamt-Kreisfläche von 51,453 qm und einem Kronensatz in $^2/_3$ der Höhe, was einem Schlussgrad und einem Schattungsvermögen entspricht, wie es bei andern europäischen Baumarten ausser den Nadelhölzern selten ist. Die Bergföhrenwälder im Ofengebiet, von denen allerdings keine genaueren Angaben vorliegen, sind nach meinem Eindruck viel lichter.

[1]) Mitteilungen d. schw. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 6. 1898. S. 29.

Die Bodenansprüche der Bergkiefer sind ausserordentlich gering, und ihre Anpassungsfähigkeit geht sehr weit: sie gedeiht auf trockenen und nassen Verwitterungsböden von Granit, Gneiss, Glimmer- und Tonschiefer, Serpentin, Porphyr, Kalk, Dolomit, Mergel, Sandstein und auf Hochmooren, in der Kultur auf dem Flugsand der Dünen, dem Humusboden der Heiden und dem steinigen sterilen Kiesstrand. Dagegen erträgt sie keinen Gras- und Krautwuchs, der Boden muss offen sein.

Das Verhalten der Bergkiefer zum Kalkgehalt des Bodens ist in verschiedenen Gegenden ihres Areals sehr verschieden. Darüber liegen folgende Beobachtungen vor. In den französischen Alpen (Dep. Hautes-Alpes und Drôme, besonders im Briançonnais) stocken die ausgedehnten Hochwälder von baumförmiger Hakenföhre (*P. uncinata* Ram.) vorwiegend auf Jurakalk. In der Umgegend von Aiguilles (ebenda) fehlt der Baum völlig auf Talkschiefer, tritt aber sofort auf, sobald Kalk und Marmor den Boden bilden (Müller). Der grosse Bergkieferwald von Grächen im Nicolaital besiedelt Glanzschiefer, derjenige von Wolfgang bei Davos sterilen, flachgründigen Serpentinboden. Im Ofengebiet findet sich die Bergkiefer vorwiegend auf Dolomit, fehlt aber auch auf dem Gneis nicht, ebenso im Oberengadin. In den bayerischen Alpen findet Sendtner seine *P. mughus* nur auf Kalk, die *pumilio* auf Hochmooren; in den Karpathen tritt dagegen das Krummholz auf den Silikatgesteinen in üppigerer Entwicklung auf, als auf dem Kalk, den es übrigens nicht völlig meidet (Pax).

Auch die Wärme- und Feuchtigkeitsansprüche des Baumes bewegen sich innerhalb weiter Grenzen; unweit Lugano, bei Villa, kommt er bei 935 m und einer mittleren Jahrestemperatur von 7,7° C wild vor, und andrerseits steigt er als Legföhre in den Alpen des Engadins bis zu 2400 m, wo er (von Sils aus berechnet) etwa eine mittlere Jahrestemperatur von 1,92° C, eine mittlere Julitemperatur von 7,6° C geniesst. Nach 10jährigen Beobachtungen im Wiener botanischen Garten schlägt die Bergkiefer dort im Mittel am 23. Mai aus und beginnt am 24. Mai zu blühen. Gegen Frost ist sie sehr wenig empfindlich, selbst als junge Pflanze: Gerhardt[1]) berichtet, dass im Winter 1898/99, welcher mit seinen schroffen Temperaturwechseln nicht nur an der Ostseeküste, sondern fast überall im Binnenlande Ostpreussens die gemeine Kiefer in den Saat- und Schulkämpen und in den Freikulturen bis zum 10jährigen Alter sehr stark mitnahm, die Bergkiefer fast gänzlich unberührt geblieben sei. Ähnliches melden Hauch und Oppermann[2]) aus Dänemark.

Auch gegen den Wind, selbst den salzgeschwängerten Seewind, ist der Baum in hervorragender Weise unempfindlich; im Hochgebirge besiedelt er die exponiertesten Windecken und am Meere leidet er selbst unmittelbar hinter der Vordüne und auf hoch vorragenden Dünenkuppen sehr selten. Deshalb verwendet man die Bergkiefer beim Dünenbau überall dort, wo keine andre Holzart standhält, wo gemeine Kiefer, Schwarzkiefer und Fichte erliegen, d. h. an allen trocknen, der See und den vorherrschenden Winden, sowie der Sonne zugewandten Erhebungen und Abdachungen, sodann unmittelbar hinter der Vordüne und auf solchen ebenen Stellen, welche aus feinkörnigem, staubigem, für Regen unempfänglichem Sandboden, oder aus Steingeröll oder ausgewaschenem Grund bestehen (Gerhardt a. a. O.). Für Dänemark gilt die Bergkiefer als die sicherste forstliche Kulturpflanze, obgleich sie nur an die dürftigsten Standorte gepflanzt wird (Hauch und Oppermann, a. a. O.).

[1]) Gerhardt, P. Handbuch des deutschen Dünenbaus. Berlin 1900. S. 461.

[2]) Hauch, L. A. og Oppermann, Handbog i Skovbrug. Kopenhagen 1900. — Ich verdanke die Mitteilung dieser und anderer dänischer Arbeiten der Freundlichkeit des Herrn Forstrat P. E. Müller.

Dazu kommt ihre grosse Lebenszähigkeit und Reproduktionskraft: Bäume, welche mehrere Jahre hintereinander auf grösseren Flächen von der Kiefernblattwespe vollständig kahl gefressen worden waren, überwanden die Beschädigung in ganz kurzer Zeit und zeigten nach 3 Jahren wieder ganz normale Benadelung und Triebbildung (Gerhardt a. a. O.). In Dänemark wird der Baum deshalb häufig in dichter Pflanzung als Hecke verwendet, da er den Heckenschnitt gut erträgt [1]).

Die Feuchtigkeitsverhältnisse der natürlichen Standorte der Bergkiefer sind ausserordentlich verschieden: man vergleiche das trockne und heisse Dolomitgeröll in den niederschlagsarmen Westalpen oder im Ofengebiet mit dem schwappenden Hochmoor oder mit der regen- und nebelschwangern dänischen Westküste. Die Bergkiefer begleitet den ausgesprochensten Kontinentalbaum unserer Alpen, die Lärche, und gedeiht andererseits im atlantischen Klima der Nordseeküste; sie wächst im trocknen Zentralspanien, auf dem isolierten Mont Ventoux in der Provence, und anderseits in der feuchten voralpinen Hochmoorzone der Schweizer Alpen.

Die verschiedenen Forscher finden sich mit diesen Tatsachen auf sehr verschiedene Weise ab. Willkomm erklärt die Bergkiefer für absolut indifferent gegen die Unterlage; eine bedeutende Menge atmosphärischer Niederschläge und Luftfeuchtigkeit seien ihre Hauptererfordernisse. Sendtner macht kurzer Hand aus den Bergkiefern des Kalkes und der Moore zwei verschiedene Arten (*P. mughus* und *pumilio*), die man aber morphologisch nicht unterscheiden kann. Christ nimmt an, dass der Baum trocknen Standort, rasch abfliessendes Wasser verlangt und sich deshalb im Kalkgeröll der Alpen gefällt, aber unser Urgebirge verschmäht, weil es besonders in der alpinen Region eine übermässige Bodenfeuchtigkeit besitzt; in der alpinen Granitregion der Karpathen ermöglicht es dagegen die Trockenheit des durch geringe Niederschläge und mächtige Windwirkung ausgezeichneten Klimas der Legföhre, auch auf Granit zu wachsen.

P. E. Müller geht auch hier von der Anschauung aus, dass für die Verbreitung der Bergkiefer nicht ihre direkten Ansprüche an Klima und Boden entscheidend seien, sondern die Konkurrenz mit andern anspruchsvolleren, rascher wachsenden und stark schattenden Bäumen, namentlich mit der Fichte. Ihnen gegenüber ist die Bergkiefer durch ihr langsameres Wachstum und ihr grösseres Lichtbedürfnis im Nachteil und wird deshalb überall auf die schlechteren Standorte zurückgedrängt, wo die Konkurrenten nicht mehr zu gedeihen vermögen. Nach dieser Anschauung ist sie ein Baum von höchster Indifferenz in seinen Ansprüchen, der gleichsam nur als Lückenbüsser die Räume füllt, die andere verschmähen. Damit erklärt Müller auch ihr Fehlen im nördlichen Europa, wo sie in Kulturen so trefflich gedeiht [2]).

Schimper (166) spricht im allgemeinen für solche Fälle, wo nahe verwandte oder scheinbar identische Formen, wie hier die Bergkiefer des Kalkgerölles und des Hochmoores, sich so entgegengesetzt verhalten, die Vermutung aus, dass es sich dabei um zwei verschieden angepasste Formen, eine „Kalkform“

[1]) Burkhardt, H. Aus dem Walde. 10. Heft. 1881, S. 69.

[2]) Indessen muss es als eine bemerkenswerte Tatsache hervorgehoben werden, dass *P. montana* trotz reichlicher Samenproduktion in den norddeutschen Dünen noch nie spontanen Nachwuchs erzeugt hat; vielleicht liegt also der Grund ihres Fehlens nicht in den Ansprüchen der erwachsenen Pflanze, sondern des Keimlings. In Dänemark allerdings wird nach Hauch und Oppermann (a. a. O. S. 482) in älteren Anpflanzungen hin und wieder natürlicher Anflug gefunden, sodass man neben dem allgemein üblichen Kahlschlagbetrieb auch Plänterbetrieb mit natürlicher Verjüngung empfohlen hat.

und eine kalkfliehende „Kieselform" handle; wenn diese Anschauung für die Bergkiefer gerechtfertigt ist, so hätten wir es bei ihr mit zwei sog. „biologischen Arten" zu tun, die sich nur durch ihre Ernährungsweise, aber durch keine äusseren Merkmale unterscheiden lassen, denn dieselben Zapfenvarietäten finden sich auf den verschiedensten Unterlagen.

Eine Eigenschaft allerdings, das muss hervorgehoben werden, haben alle Wuchsorte der Bergföhre gemeinsam, nämlich die Armut an assimilierbarem Stickstoff im Boden; Kalkfels, Kalkgeröll und Dünensand weisen überhaupt sehr geringen Stickstoffgehalt auf, und im Humus des Hochmoores ist er in einer schwer zugänglichen Form enthalten. Gegen Stickstoffarmut des Bodens ist aber nach den neuesten Untersuchungen Müllers (vgl. S. 220) die Bergföhre ganz besonders ausgerüstet durch ihre Fähigkeit, den Stickstoff der Luft mit Hilfe ihrer endotrophen Mykorrhiza zu assimilieren.

Hinsichtlich der geographischen Verbreitung von *Pinus montana* ist in Ergänzung des oben bei den Wuchsformen erwähnten zu bemerken, dass sie ein Baum der mittel- und südeuropäischen Gebirge ist, der in west-östlicher Richtung von der Serrania di Cuenca in Zentralspanien bis in die Alpen der Bukowina und bis auf die Gebirge der nördlichen Türkei (Perim-Dagh in Makedonien), in südnördlicher Richtung vom Monte Majella in den Abruzzen (vereinzeltes Vorkommen!) bis nach der Lausitz geht. Die nördliche Grenze spontanen Vorkommens in Deutschland ist durch die Verwechselung alter Anpflanzungen mit ursprünglichen Standorten etwas unsicher geworden; Ascherson und Graebner bezeichnen folgende Standorte als sicher angepflanzt: bei Bremen, im Oldenburgischen, am Inselsberg in Thüringen, an der sächsisch-böhmischen Grenze zwischen Seifhennersdorf und Georgswalde westl. Zittau. Das Indigenat im Rhöngebirge und bei Schnaittach östlich von Nürnberg erscheint kaum wahrscheinlich.

Die Höhengrenzen der Bergkiefer sind folgende [1]: Pyrenäen und Arragonien (u) 975—1735 m, Zentral- und Ostpyrenäen (u) 1592—2500 m, Mont Ventoux (u) Nordhang 1337—1625 m, Südhang 1478—1810 m, Dauphiné (u) 1462—2537 m, Schweizer Alpen (u, p u. mu) tiefster Standort 500 m (Glazialrelikt im Jura), 600—1800 m auf den Hochmooren, 1800—2400 im Gebirge, Schwarzwald (u u. p) 552—1462 m, Bayerische Alpen (u u. p) 650—2210 m, Oberfranken (u) 422—650 m, Fichtelgebirge (u) 650—975 m, Erzgebirge (u) 536—910 m, Bayerischer Wald (p) 634—1462 m, Böhmerwald (p) bis 1462 m, Isergebirge (p) 650—812 m, Riesengebirge (p) 1267—1595 m, Glatzer Gebirge (u) bis 825 m, Südböhmen (u u. p) 325—975 m, Karpathen (p) 1300—1950 m, Bihariagebirge (p) 1470—1770 m, Tiroler Alpen (u u. p) 812—2372 m, Kärnten (mu) 910—970 m, Monte Baldo (mu) 1720—1905 m, Abruzzen 1820—2695 m. Die gesamte Höhenverbreitung bewegt sich also zwischen 165 m (Pfarrbruch bei Thommendorf in Schlesien, *P. uncinata*) und 2695 m (M. Amaro in den Abruzzen, *P. pumilio*). Die beiden Hauptformen, baumartige Hakenkiefer und Legföhre, zeigen mit Bezug auf die Verschiebung der oberen Grenze gerade entgegengesetztes Verhalten. Der Baum steigt am höchsten im Westen, die Legföhre dagegen im Osten und Süden ihres Verbreitungsbezirkes. Die tieferen Vorkommnisse beziehen sich teils auf Hochmoore, teils auf Glazialrelikte.

Die Untersuchungen Sendtner's in Bayern zeigen, dass die Bergkiefer die südwestlichen, südlichen und westlichen Hänge den nordöstlichen, nördlichen und östlichen vorzieht; am Mont Ventoux (s. oben) zeigt sich ebenfalls die Bevorzugung des Südhanges sehr deutlich.

---

[1] Grösstenteils nach Willkomm (**224**); Moor- und Gebirgsstandorte sind nicht auseinandergehalten. — u bedeutet *P. uncinata*, p = *P. pumilio*, mu = *P. mughus*.

In drei Pflanzenformationen bildet die Bergkiefer den tonangebenden Bestandteil: im Bergkieferwald auf Hartboden, im Hochmoorwald und im Legföhrengebüsch. Die Ähnlichkeit, welche der erstere in den Westalpen nach P. E. Müller mit einem Fichtenwald bietet, ist oben bereits erwähnt worden. Ein etwas anderes Bild zeigen die Bergkieferwälder im Ofengebiet (vergl. Fig. 112). Hier stocken in einer Meereshöhe von ca. 1750—2100 m auf schwer verwitterbarem Dolomit im Spöltal und am Ofenpass bis hinunter nach Cierfs im Münstertal beinahe reine Bestände von ca. 2600 ha Ausdehnung, der Gemeinde Zernetz gehörig. Sie gehen nach unten allmählich in eine höchst interessante Mischung sämtlicher schweizerischen Nadelhölzer über; die Bergkieferwälder sind meist ziemlich licht, die Bäume meist schlank, schwach beästet, mit lockerer, schmal pyramidaler Krone, weniger hoch als in den Westalpen und viel häufiger als dort mehrstämmig. Der Boden ist gut bewachsen; von Sträuchern finden sich: *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, *Thymus serpyllum*, *Salix reticulata*, *Juniperus nana*, *Sorbus chamaemespilus*, *Daphne striata* besonders reich und üppig entwickelt, *Arctostaphylos ura ursi*, *Polygala chamaebuxus*, *Helianthemum oelandicum*, *Globularia cordifolia*, *Erica carnea*, *Dryas octopetala*. Ein reicher Teppich von Gräsern und Kräutern breitet sich an lichteren Stellen: *Poa alpina*, *Sesleria caerulea*, *Scirpus caespitosus*, *Anthyllis vulneraria*, *Hippocrepis comosa*, *Lotus corniculatus*, *Kernera saxatilis*, *Biscutella laevigata*, *Senecio abrotanifolius*, *S. doronicum*, *Hieracium pilosella*, *H. auricula*, *Aster alpinus*, *Bellidiastrum Michelii*, *Veronica saxatilis*, *Silene acaulis*, *Campanula Scheuchzeri*, *Saponaria ocymoides*, *Gentiana acaulis*, *G. verna* u. a.

Die Bergföhrenwälder auf den Hochmooren zeigen einen sehr gleichmässigen Charakter; Beck[1]) beschreibt sie aus Niederösterreich wie folgt: „Man erblickt ringsum nur aufrechte, verschieden alte Bäume mit grau berindetem geradem Hauptstamm, welcher bis 18 m Höhe und bis 25 cm Dicke erreicht und eine stumpf pyramidenförmige Krone trägt, die sich aus wagrecht abstehenden, schlangenartig gekrümmten, dicht und dunkelgrün benadelten Zweigen zusammensetzt. Als Unterholz finden sich überall die rundlichen Büsche des Sumpfporstes (*Ledum palustre*) und üppiger Nachwuchs der den Hochwuchs bildenden Föhre. Aus den schwellenden, den Boden lückenlos überdeckenden *Sphagnum*-Polstern ragen beerentragende *Ericaceen*, halbversenkt in Torfmoose, hervor, wie *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis idaea*, dann *Andromeda polifolia*, weiter *Calluna vulgaris* und die ins Moos eingebetteten, zierlichen Glöckchen von *Oxycorcos palustris*; hie und da grüssen noch die silberweissen Köpfchen des in dichten Rasen stehenden *Eriophorum vaginatum*." Die ausgedehnten Hochmoore des schweizerischen Kettenjura zeigen manche prächtige Hochmoorwaldreste, so im „Bois des Lattes" auf dem Hochmoor von Les Ponts bei 1000 m ü. M. im Neuenburger Jura[2]). Die Stämme sind 15—20 m hoch, zeigen in Brusthöhe Durchmesser von 20—25 cm und sind meist locker beästet. Am Rande des Waldes ist *Betula nana* als Unterholz üppig entwickelt, bis 60 cm hoch, neben dem blaugrünen, bis 70 cm hohen *Vaccinium uliginosum*. Noch ausgedehnter ist das Pinetum bei der „Moulin de la Gruère" bei Saignelégier im Berner Jura, bei 1000—1010 m gelegen; es umsäumt einen düsteren, künstlichen See und besteht aus 7—10 m hohen Sumpfkiefern mit bis 45 cm Durchmesser in Brusthöhe. Nach Fankhauser[3]) zählte man im Jahre 1873 hier 14140 Kiefern. Am Boden des Waldes breiten sich die Polster eines Sphagneto-Eriophoreto-

---

[1]) Beck, Günther. Die Torfföhren Niederösterreichs. Annalen d. naturhist. Hofmus. III, 73.

[2]) Vgl. Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. Bern 1904. S. 84 u. 462.

[3]) Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen. 1903, S. 228.

Vaccinietums aus (*Sphagnum cymbifolium, S. acutifolium, Eriophorum vaginatum, Andromeda, Oxycoccos, Vaccinium uliginosum, V. vitis idaea*) mit *Melampyrum silvaticum* oder Gestrüpp von *Calluna vulgaris*, unterbrochen von den hellen Kissen des *Leucobryum glaucum*, oder grosse Bestände der Heidelbeere, gemischt mit *Lonicera caerulea, Equisetum silvaticum, Epilobium spicatum, Populus tremula*; überall sticht *Carex pauciflora* heraus, die Gräben sind eingefasst von *Carex vesicaria, C. canescens, Comarum palustre; Cetraria islandica, Cladonia rangiferina* und am Rande des Moores grünende, ½ m hohe *Betula nana* vervollständigen das Bild eines typischen Hochmoores. — An zu nassen Stellen des Hochmoores verkrüppeln die Kiefern zu kläglichen Jammergestalten, den „Kuscheln" oder „Kusseln".

Vom Legföhrenwald der Alpen hat Kerner (91) eine klassische Schilderung gegeben, die sich auf das Achental und Ötztal im nördlichen Tirol bezieht. „Der Legföhrenwald zeigt je nach dem Alter und je nach der Üppigkeit seiner Stämme ein sehr verschiedenes Aussehen. Sein Rand ist regelmässig von einer niederen Gebüschschicht immergrüner *Ericaceen* eingefasst, in welcher die Alpenrose als die weitaus vorherrschende Pflanze erscheint. Auch durchdringt dieses Buschwerk die lichteren Legföhrengehölze häufig als eine untere Schicht und erfüllt alle offenen Plätze und Lücken, welche im Legföhrenbestand hie und da übrig bleiben. Er zeigt sich dann aus 3 Pflanzenschichten abgestuft, als deren unterste ein von abgefallenen Nadeln durchspicktes Gefilz von Moosen und Flechten, als deren zweite das Gebüsch von immergrünen Alpenrosen, Rauschbeeren, Preissel-, Heidel- und Moorbeeren, und als deren dritte Schicht endlich das dunkle Geäste der Legföhren erscheint, in das sich häufig auch noch die Gesträuche der Alpenmispel und der Vogelbeere einmischen. Wenn in den Alpen noch irgend ein Wald als Urwald angesehen werden kann, so ist es der Legföhrenwald. Da gibt es wohl noch ausgedehnte Bestände, in welche keines Menschen Fuss je eingedrungen ist. Wehe auch dem, der das Unglück hat, sich in einem dichten, ausgedehnten Legföhrenwald zu verirren! Die Schwierigkeiten, mit welchen man sich in einem tropischen Urwald Bahn brechen muss, können nicht viel grösser sein als jene, mit denen man beim Vorwärtsdringen durch einen geschlossenen Legföhrenbestand zu kämpfen hat. Manchmal sind die Legföhren so hoch, dass man selbst aufrecht stehend, noch um ein paar Fuss von ihren obersten Ästen überragt wird; man vermag dann wohl über die armdicken Stämme, deren Lage und Neigung mit der des Bodens übereinstimmt, ziemlich gut vorwärts zu klettern, vergebens aber sucht man sich dort zu orientieren und einen Ausblick zu gewinnen. Betritt man einen der bogenförmigen Äste, so beugt sich derselbe unter der Last des Körpers am Ende nieder, und man versinkt wieder trostlos unter das Niveau der dunkelgrünen Legföhrenkronen."

„Die ausgedehntesten und typischsten Legföhrenbestände weist in der Schweiz das Ofengebiet und das Scarltal auf. Besonders die sterilen Dolomitschutthalden, welche die gewaltigen Felskolosse des Piz Madlain, Piz Pisoc und Piz Mingèr umgürten, sind stundenweit mit einem zusammenhängenden Legföhrengürtel bedeckt. Er steigt in geschlossener Phalanx bis gegen 2300 m: einzelne Vorposten dringen bis 2400 m vor.

Der Bestand ist locker genug, um an den freien Plätzen einer reichen Schuttflora Platz zu lassen: das Blaugras (*Sesleria caerulea*) verankert sich mit festen Horsten im rieselnden Schutt und festigt ihn, vereint mit der niedern Segge (*Carex humilis*); das kriechende Gipskraut (*Gypsophila repens*) bildet blütenübersäte Teppiche; unter einer Bergföhre auf dem feinen, etwas humosen Boden überrascht uns eine ganze Schar von Maiglöckchen (*Convallaria majalis*); mitten aus dem sterilen Schutt taucht eine Alpenwaldrebe auf (*Atragene*); das zweizeilige Hafergras (*Trisetum distichophyllum*) durchspinnt mit fadenartigen

langen Ausläufern den Schutt; höher oben stellt sich die fleischrote Heide ein (*Erica carnea*) und die Silberwurz (*Dryas octopetala*) überzieht ganze Flächen mit ihrem Spalierrasen.

Die Bestandteile des Unterwuchses dieses Krummholzbestandes auf Dolomitschutt sind zusammenfassend folgende:

Sträucher, Zwergsträucher und Schlingpflanzen: *Rosa alpina*, *Atragene alpina*, *Erica carnea*, *Dryas octopetala*, *Daphne striata*, *Cotoneaster vulgaris*, *Globularia cordifolia*, *Teucrium montanum*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Thymus serpyllum*. Echte und Scheingräser: *Sesleria caerulea*, *Trisetum distichophyllum*, *Calamagrostis varia*, *Festuca rupicaprina*, *Festuca violacea*, *Festuca pumila*, *Carex humilis*. Umbelliferen: *Athamanta cretensis*, *Heracleum sphondylium*, *Laserpitium Gaudini*. Compositen: *Centaurea scabiosa*, *Crepis alpestris*, *Carduus defloratus*, *Hieracium murorum*, *Leontodon hispidus*, *Leontodon hispidus var. hastilis*, *Leontodon hispidus var. pseudocrispus*, *Senecio doronicum*, *Leucanthemum vulgare*, *Leontopodium alpinum*. Papilionaceen: *Coronilla vaginalis* (Riesenexemplare). Sonstige Kräuter: *Saponaria ocymoides*, *Polygala alpestris*, *Gypsophila repens* (Riesenteppiche), *Helianthemum vulgare*, *Campanula Scheuchzeri*, *Campanula pusilla*, *Euphorbia cyparissias*, *Silene venosa*, *Biscutella laevigata*, *Galium anisophyllum*, *Epipactis rubiginosa*, aus dem nackten Geröll auftauchend, *Convallaria majalis*, *Polygonatum officinale*.

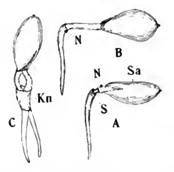


Fig. 106. *Pinus montana*. Erste Keimungsstadien.

A B Normalfälle, C ein Same mit 2 Keimlingen. — Sa Samenschale, N das schwarze Spitzchen der Kernwarze, Kn die Nucellushaut, bei S gesprengt. 2 : 1. (Orig. Sch.)



Fig. 107. *Pinus montana*. Einjährige Keimpflanze.

KK die glatten Kotyledonen; Primärnadeln mit Sägezähnchen, in der Achsel einer der untersten eine Seitenknospe. 1 : 2. (Orig. Sch.)

Einen anderen Charakter als diese dichten, das Geröll überwuchernden Buschwälder zeigt die Krummholzhügellandschaft auf der Alpenweide, wie sie in schönster Ausbildung z. B. im Hintergrund des Val Mingèr, einem linken Seitental des Scarltals auftritt. Die Legföhren bilden die nach allen Seiten ausladende Bekrönung von Hügeln, die 2—3 m Höhe und 5—8 m Durchmesser haben; ihnen mischen sich Alpenrosen, Zwergwacholder, Rauschbeere und Ast-

moose bei (*Rhododendron ferrugineum, Juniperus nana, Empetrum nigrum, Hypnum*)“[1]).

Der Same hat eine bedeutende Keimfähigkeit: 70% und höher nach Hauch und Oppermann[2]), 74% nach Stebler[3]), 95—98% nach Gerhardt[4]); Rafn[5]) fand bei *P. montana uncinata* dänischer Ernte i. J. 1902 97%, i. J. 1903 80,3% und 79,34% Keimlinge nach 30 Tagen, bei *P. montana gallica* dänischer

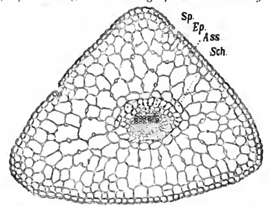


Fig. 108. *Pinus montana.* Querschnitt durch einen Kotyledon (die Aussenfläche nach unten gekehrt). 120 : 1. (Orig. Sch.)

Gegenüber dem Folgeblatt (Fig. 113) zeigt der Kotyledon folgende Unterschiede, die meist einer primitiven Struktur entsprechen: 1. Sein Querschnitt ist dreieckig; die 5—8 Kotyledonen schliessen zum Kreis zusammen, jeder entspricht also $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{8}$ Kreisfläche. 2. Die etwas gewölbte und breitere Aussenfläche entbehrt der Spaltöffnungen, wohl auch hier wegen ihrer Funktion als Kontaktfläche mit dem Nährgewebe; auf den beiden Seitenflächen dagegen finden sich 4—5 Längsreihen von Spaltöffnungen (Sp.). 3. Die Epidermiszellen (Ep.) zeigen den für die Gattung Pinus sonst allgemein giltigen isodiametrischen Querschnitt, die für die Folgeblätter von P. montana bezeichnende Streckung senkrecht zu Oberfläche ist noch nicht vorhanden. 4. Das Hypoderm ist durch eine subepidermale Lage kleinerer Zellen nur leicht angedeutet. 5. Das Assimilationsgewebe (Ass.) zeigt nur leise Andeutungen der im Folgeblatt so charakteristischen Membranfaltungen, Armpalissaden fehlen ganz. 6. Harzgänge fehlen (nur in einem Falle fand sich ein solcher mitten im Gefässbündel). 7. Die Trennung der beiden Gefässbündelhälften ist kaum angedeutet. 8. Die Sklerenchymbrücke zwischen den beiden Gefässbündeln fehlt völlig. 9. Das Transfusionsgewebe zwischen Bündelscheide (Sch.) und Gefässbündel, durch behöfte Tüpfel ausgezeichnet, ist nur auf der Seite des Holzteiles ausgebildet.

Ernte i. J. 1902 64%. Der Same behält seine Keimfähigkeit mehrere Jahre ohne erheblichen Verlust[4]). Die Temperatur von 17,5 bis 20° C genügt, wie bei *P.*

[1]) Aus Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1904. S. 86 ff.

[2]) a. a. O. S. 485.

[3]) 27. Jahresber. d. schweiz. Samenuntersuchungs- und Versuchsanstalt. Zürich, 1905. Obige Zahl (74%) stellt das Mittel aus 111 Proben von Handelsware aus den Jahren 1876—1904 dar. „Dieser Mittelwert“, schreibt uns Dr. Volkart, erster Assistent der Anstalt, „hat nur kommerziellen, keinen wissenschaftlichen Wert. Da wegen der sehr ungleich reichen Ernten in den verschiedenen Jahrgängen sehr viel überjähriger Same in den Handel gebracht wird, ist obige Zahl nicht als Durchschnitt der Keimkraft frischer, sondern eben der Handelsware anzusehen“. In der Tat zeigte frischer Legföhrensamen vom Piz Umbrail, für die Klenganstalt von Roner in Zernetz gesammelt, eine Keimfähigkeit von 86%.

[4]) a. a. O. S. 460.

[5]) Mitteilungen der deutschen dendrologischen Gesellschaft. 1904, S. 123. Unter *Pinus montana gallica* versteht Rafn ohne Zweifel die aufrecht-stämmige *P. montana uncinata rostrata* aus den französischen Westalpen.

silvestris, um das möglichst hohe Keimprozent zu erreichen; bei niederer Temperatur geht die Keimung langsamer vor sich und keimen nicht alle keimfähigen Samen[1]), auf eine Erhöhung der Temperatur des Keimbettes von 20 auf 30° C reagierten nach Nobbe[2]) die Samen wenig.

Die Keimung (Fig. 106) erfolgt 2—3 Wochen nach der Aussaat (30; vergl. auch Mathieu[3]) in ganz ähnlicher Weise, wie bei *P. silvestris* und *Picea excelsa* (vergl. Fig. 37, S. 109); nur reisst hier die ausgestülpte Nucellushaut öfters unterhalb der Kernwarze durch, sodass diese auf dem haubenförmig die Wurzelspitze bedeckenden vorderen Teil sitzt (Fig. 106 B). Selten finden sich Samen mit zwei Keimlingen (Fig. 106 C). Die Zahl der Kotyledonen variiert von 2 bis 8 und beträgt meist 4—6; die Angabe Willkomms, dass die *uncinata*-Formen meist sieben, die *pumilio*-Formen meist 3—4 Kotyledonen besitzen, konnte P. E. Müller (a. a. O. S. 268) bei umfassenden Zählungen nicht bestätigen. Die Kotyledonen sind ca. 20 mm lang und ganzrandig, die Primärblätter kürzer als die

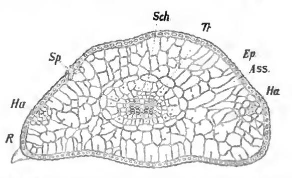


Fig. 109. *Pinus montana.* Querschnitt durch eine Primärnadel (die flache, innere oder obere Seite nach unten gekehrt). 120 : 1. (Orig. R. Klingenfuss und Sch.)
Ep. = Epidermis, Sp. = Spaltöffnung, Ha. = Harzgang, Ass. = Assimilationsgewebe, Sch. = Bündelscheide, Tr. = Transfusionsgewebe, R. = Randstachelchen.
Die Primärnadel nimmt in der Differenzierung ihrer Struktur eine Mittelstellung zwischen Kotyledon (Fig. 108) und Folgenadel (Fig. 113) ein: Die Epidermiszellen haben, wie beim Kotyledon, ein rundliches Lumen, die Spaltöffnungen sind, wie beim Folgeblatt, überall vorhanden; das Assimilationsgewebe zeigt stärkere Wandfalten als der Kotyledon, schwächere als die Folgenadel; dagegen beginnen die Armpalissaden sich zu bilden, die im Kotyledon noch fehlen; von den Harzgängen sind erst die zwei „primären" (76) kantenständigen vorhanden, die „accessorischen" („sekundären" und „tertiären" v. Wettstein's) des Folgeblattes fehlen noch; die Scheide der Harzgänge ist noch nicht sklerenchymatisch ausgebildet (vgl. auch 76); das Transfusionsgewebe ist, wie beim Folgeblatt, ringsum entwickelt; das Gefässbündel zeigt eine beginnende Trennung in zwei Hälften durch einen zwar noch einschichtigen, aber breiten Markstrahl; die Randstachelchen, die den Kotyledonen völlig fehlen, treten hier auf und bleiben beim Folgeblatt.

Kotyledonen und am Rande feinborstig (Fig. 107). Über den anatomischen Bau der Kotyledonen und Primärblätter im Vergleich zu den Folgeblättern s. Fig. 108 und 109 und die Figurenerklärung. Die Primärblätter bedecken den ganzen ersten Jahrestrieb der Keimachse und ihrer Seitensprosse und gehen am zweiten Trieb von Haupt- und Seitenachsen[4]) allmählich in die schuppenförmigen Nieder-

[1]) Jaschnow nach Botan. Jahresber. Bd. 13. 1885. Abt. 1. S. 20.

[2]) Nach Botan. Jahresber. Bd. 18 1890. Abt. 1 S. 18.

[3]) Mathieu, A. Flore forestière Ed. IV. par G. Fliche. Paris et Nancy, 1897. p. 595.

[4]) Durch diese Eigentümlichkeit, dass auch an den Seitenachsen des zweiten Jahrestriebes einfache Nadeln auftreten, unterscheiden sich *P. montana* (und *nigra*) von *P. silvestris*, *cembra* und *strobus*, wo nur die Hauptachse einfache Nadeln trägt (222).

blätter über, die von da an die alleinige Beblätterung der Langtriebe bilden. Nach Hartig (29a) entwickelten im Garten aus Samen erzogene Exemplare von *P. montana pumilio* am zweiten Jahrestrieb in den Achseln der verkürzten einfachen Primärblätter Nadelpaare, deren Nadeln eine Länge bis $14^1/_2$ cm erreichten; Willkomm konnte dies bei *uncinata* nicht bestätigen, auch Verf. nicht. Schon der erste Jahrestrieb der Keimachse kann Seitensprosse entwickeln (Fig. 107). In den Achseln zahlreicher Primärblätter finden sich Knospenanlagen; ob sie zu Kurztrieben oder zu seitlichen Langtrieben werden oder unentwickelt bleiben, darüber entscheidet das Verhalten der Hauptachse.

Das Höhenwachstum in der Jugend gestaltet sich nach den Untersuchungen von Flury[1]) folgendermassen:

Alter	Durchschnittliche Höhe in cm bei grossen	mittelgrossen	kleinen Pflanzen
1 Jahr	3	2	1
2 „	5	3	2
3 „	6	4	3
4 „	18	9	5
5 „	21	10	7
6 „	28	14	10
7 „	57	29	18

In der Reihenfolge der Raschwüchsigkeit der untersuchten Coniferen nahm die Bergkiefer die drittletzte Stelle ein (Lärche, Kiefer, Schwarzkiefer, Weymouthskiefer, Fichte, Bergkiefer, Tanne, Arve). Nach Gerhardt (a. a. O. S. 458) erreicht die Bergkiefer auf trockenem Sandboden an der Ostseeküste nach 10 Jahren kaum eine Höhe von 50 cm und hat in der ersten Jugend keinen ausgesprochenen Höhentrieb, sondern das Bestreben, in die Breite und buschförmig in die Höhe zu gehen (vergl. Fig. 110).

Schon die Sämlinge zeichnen sich, wie S. 209 nach Gerhardt über ihr Verhalten an der Ostseeküste mitgeteilt ist, durch hohe Resistenz aus.

Im Gegensatz zur gemeinen Kiefer besitzt *P. montana* keine Pfahlwurzel, sondern ein weit ausgreifendes, grösstenteils flach ausstreichendes Wurzelsystem, dessen Äste bis 9 m Länge erreichen können. An jungen, 3—7jährigen Pflanzen gehen (30) vom Wurzelknoten wenige, aber sehr kräftige und derbe Hauptwurzeln aus, die sich vielfach verzweigen. Die Saugwürzelchen gehören bei 4jährigen Pflanzen meistens der vierten, weniger häufig der fünften Verzweigungsordnung an; sie sind zahlreich entwickelt, etwas derber als bei der gemeinen Kiefer, doch wie bei dieser häufig infolge von Verpilzung gabelig geteilt. Die Wurzelhaare sind an den gebräunten Teilen der Triebwurzeln gut entwickelt (19), sie entstehen hier, wie überall bei den Abietineen, nicht aus der Epidermis, sondern aus Rindenzellen der zweiten oder dritten Lage (79). Engler (19) beobachtete bei 3-, 4- und 7jährigen Pflanzen Wurzelhaare zu jeder Jahreszeit; an älteren Exemplaren dagegen sind die Wurzelhaare sehr selten. Nach den Beobachtungen P. E. Müller's[2]) sind die Wurzeln der Bergkiefer stets mit Mykorrhizen versehen, welche in zwei Formen vorkommen: erstens als „racemöse“ Mykorrhizen (Fig. 111 c); die Wurzeln zeigen ihre gewöhnliche monopodiale Verzweigungsweise, sind aber von einer dicken Pilzscheide überzogen, von welcher aus zahlreiche Hyphen in den Erdboden ausstrahlen und die Wurzeln mit den umgebenden Bodenpartikeln zusammenspinnen; es ist das die gewöhnliche,

[1]) Vergl. S. 181. Anm. 2.

[2]) Über das Verhältnis der Bergkiefer zur Fichte in den jütländischen Heidekulturen. Naturwiss. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft Bd. 1. 1903. Heft 8 und 10.



Fig. 110. *Pinus montana.* 12jährige Pflanzen (rechts) neben 12jährigen gem. Kiefern (links), kultiviert auf den Dünen bei Süderspitze an der Ostsee.
Nach photogr. Aufnahme von Herrn Reg.- und Baurat P. Gerhardt in Königsberg i. Pr.

bei allen Abietineen verbreitete ektotrophe Form der Mykorrhiza. Daneben fand aber **Müller** eine andere Form, die bisher unter den Abietineen nur bei *Pinus silvestris*, *cembra* und *strobus* bekannt war, die „dichotome" Mykorrhiza[1]). Sie besteht aus gabelig verzweigten, kurzen und dicken Wurzelästchen, welche als kugelige, korallenartige Verzweigungssysteme die Wurzel besetzen (Fig. 111). Sie entbehren bei ihrem Auftreten der Pilzscheide, werden aber später ebenfalls von



Fig. 111. *Pinus montana.* Mykorrhizen.

a Triebwurzel mit dichotomen Mykorrhizen, 3 : 4. b Ein Stück derselben, stärker vergrössert, 10 : 1. c Eine Wurzel, die oben mit dichotomen, unten mit racemösen Mykorrhizen besetzt ist, 3 : 4. d Ein hexenbesenartiges, kugeliges, aus dichotomen Mykorrhizen bestehendes Gebilde, 3 : 4. (Nach P. E. Müller.)

ihr überzogen; auch hier strahlen von der Pilzscheide förmliche Hyphen-Perrücken in den Boden aus, der zu einer dichten Masse verflochten wird. Sie verdanken ihre Entstehung wahrscheinlich einem endophytisch lebenden Pilz, dessen Natur noch nicht näher bekannt ist, und finden sich in den verschiedensten Böden: auf den völlig sterilen „abgefegten Sanden" der Heiden, welche vollkommen humus-

[1]) Büsgen (8) hat sie als „Kurzwurzeln" beschrieben.

frei sind, wie auf dem zähen Heidetorf. Gewöhnlich entstehen sie seitlich an den Triebwurzeln im zweiten Jahre, und fallen im dritten wieder ab (Fig. 111, a, b); manchmal bleiben sie auch sitzen und wachsen zu hexenbesenähnlichen, dicken Nestern heran (Fig. 111, d). Müller vermutet, dass diese dichotomen Mykorrhizen der Bergkiefer imstande seien, den atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren; er schliesst das aus folgenden Tatsachen: sie kommen in besonders reicher Entwicklung



Fig. 112. *Pinus montana.* Baumform aus der Parklandschaft des „Plaun dell'Awa" am Ofenpass im obersten Teil des Münstertales, bei ca. 2160 m. (Nach Schröter.)

auf reinem, also stickstoffarmem Sand vor; die Fichte, welche auf altem Heideboden in Jütland zu Grunde geht, wird durch die Mischpflanzung mit Bergkiefer zu gutem Gedeihen befähigt; diese Mykorrhizen haben eine grosse Ähnlichkeit mit denjenigen von *Alnus*, *Elaeagnus* und *Podocarpus*, für welche die Fähigkeit der Stickstoffassimilation exakt nachgewiesen ist. Eine experimentelle Prüfung dieser allerdings sehr gut begründeten Vermutung steht noch aus.

Im forstlichen Versuchsgarten auf dem Adlisberg bei Zürich (670 m ü. M., frischer kalkhaltiger Lehmboden) begann (19) das Wurzelwachstum am 29. März bis 15. April; die abwechselnde Bildung von Trieb- und Saugwurzeln, die Periodizität mit dem Ruhezustand im August und September u. s. w., das alles verläuft wie bei der Fichte (vergl. S. 112).

Der Sprossbau der Bergkiefer ist je nach der Wuchsform sehr verschieden. Die aufrechte Baumform (Fig. 112) zeigt bis in das höchste Alter den einfachen klaren Bau eines monokormischen Systems: die Hauptachse durchzieht als dominierender Leittrieb das Ganze, und stets ist die Entwicklung der relativen Hauptachse stärker als die der Seitenachsen, niemals ist also die Krone polykormisch, der Wipfel abgewölbt, wie bei der Waldkiefer. Es werden nur Quirläste gebildet, die primären Äste bleiben aber kurz, sodass die Gesamtform der Krone ein schlanker Kegel ist, der sich oft der Walze nähert. Die Verzweigung der Seitentriebe ist viel spärlicher als bei der Waldkiefer, an den Primärästen finden sich meist nicht mehr als zwei Seitenknospen, an den Sekundärästen meist gar keine, sodass dieselben jahrelang unverzweigt fortwachsen, nach Art der „Schlangenfichte“[1]). An 11 Exemplaren der aufrechten Bergkiefer auf dem Ofengebirge fanden sich unter 100 Fällen an einem Jahrestrieb eines Hauptastes 46mal 2 Seitenknospen, 26mal eine, 23mal 3, und 5mal 4 Seitenknospen.[2]) Die Haupt- und Seitentriebe sind, wie bei *P. silvestris*, im ersten Stadium ausgeprägt negativ geotropisch und stellen beim Austreiben, wie dort, weiss schimmernde „Kerzen“ an den Astenden dar; später bilden sie mit dem Stamm einen mehr oder weniger spitzen Ablaufwinkel. Das Ende der Äste bleibt stets bogenförmig aufgerichtet, und ihre Ausbildung ist durchaus nicht dorsiventral. Eine sympodiale Zusammensetzung der peripherischen Triebe, wie bei *P. silvestris*, kommt hier nicht vor.

Bei dem andern Wuchsextrem, der ausgeprägten Legföhre, existiert keine leitende Achse, sondern Hauptstamm und Primäräste sind gleicherweise niederliegend und richten sich am Ende bogenförmig auf; der Wuchs ist also hier von Anfang an polykormisch. Die am Ende aufgerichteten, niederliegenden Äste bilden ein „Knie“; da sie bis 10 m lang werden können, und das Knie dabei immer weiter nach aussen rückt, so muss allmählich eine Geradestreckung des Knies am ausgewachsenen 5—6jährigen Stück des Astes stattfinden (29a; vergl. auch Jost, S. 118, Anm. 1). Zwischen beiden Extremen finden sich alle Übergänge (vergl. Fig. 105). Von den dänischen Kulturen wird berichtet[3]), dass die junge Pflanze einstämmig ist, dass aber sehr bald die untersten Äste sich zu seitlichen Stämmen ausbilden; sie legen sich zunächst auf den Boden, biegen aber dann in scharfem Bogen nach oben und entwickeln sich zu selbstständigen Stämmen; von einer Wurzel können auf diese Weise bis 9 Stämme entspringen. Auf einer Probefläche mit 28jährigen Pflanzen fanden sich z. B. 31 einstämmige, 30 zweistämmige, 17 dreistämmige, 18 vierstämmige, 7 fünfstämmige, 3 sechsstämmige, 3 siebenstämmige, 2 achtstämmige und 1 neunstämmiger Baum. Hiermit hängt die bei der Bergkiefer vorkommende Erscheinung zusammen, dass die Stammzahl anfänglich mit den Jahren zunimmt; auf einer Fläche Landes, auf der man z. B. 5000 Exemplare gepflanzt hat, kann die Stammzahl nach 10 Jahren bis auf 25000 gestiegen sein. Erst wenn alle Stämme sich entwickelt haben, beginnen gewöhnlich einzelne zurückzubleiben und nimmt so die Stammzahl langsam wieder ab.

---

[1]) Wenn auch die Hauptäste sich so verhalten, so resultiert die Spielart der „Schlangen-Bergkiefer“, *P. montana* Mill. lusus *virgata* Schröt. (Ber. d. Schweiz. Bot. Gesellsch. Bd. 13. 1903. S. 106).

[2]) Nach freundlicher schriftlicher Mitteilung von Dr. Brunies.

[3]) Lütken, Jagttagelser over Bjergferren i Danmark. Tidsskrift vor Skovvaesen. Bd. 12, 1900, S. 85—122.

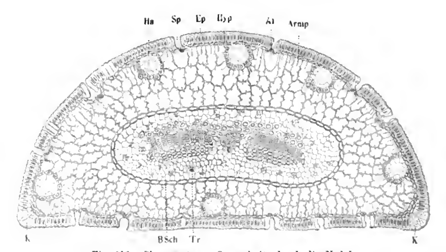


Fig. 113. *Pinus montana.* Querschnitt durch die Nadel.
Ep Epidermis, Hyp Hypoderm, K Kantenzellen der Epidermis, Sp Spaltöffnungen, Al Atemhöhle, Armp Armpalissaden, BSch Gefässbündelscheide, Tr Transfusionsgewebe. 80 : 1. (Orig. Dr. E. Rübel.)

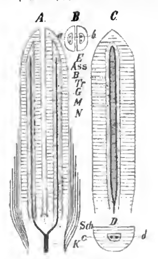


Fig. 114. *Pinus montana.*
Schematische Darstellung des Kurztriebes und des Nadelbaues im Längsschnitt (das Breitenverhältnis ca. 7mal übertrieben).
A Längsschnitt durch einen 2nadeligen Kurztrieb in der Mediane der Nadeln. B Richtung a b des Längsschnittes A. C Längsschnitt durch eine Nadel. D Richtung c d des Längsschnittes C. — E Epidermis Hypoderm, Ass Assimilationsgewebe, B Bündelscheide, Tr Transfusionsgewebe, G Gefässbündel, M Markstrahl zwischen den beiden Bündelhälften, N Niederblätter der Kurztriebscheide, K Kurztriebachse, Sch Scheitel derselben. (Orig. Sch.)

Der Einfluss des Standortes auf die Wuchsform ist bis jetzt für folgende Fälle nachgewiesen. Auf allzu nassen Teilen des Hochmoores tritt die Bergkiefer in reduzierten Krüppelformen (Kusseln) auf, welche bei Entwässerung sich erholen und zu normalen Bäumen heranwachsen. Die sonst baumartig wachsende Form der französischen Alpen wird auf mageren humusarmen Schutthalden zu einem polykormen Busch. Die Legföhre windoffener Stellen breitet sich ganz am Boden aus.

Anordnung, Wachstumserscheinungen und Bau der Folgeform der Nadeln verhalten sich im allgemeinen analog wie bei *P. silvestris* (s. S. 185—191). Sie stehen zu zwei, nicht selten auch zu drei [1]), an den Kurztrieben. Die Kurztriebscheide ist sehr kräftig gebaut, die Niederblätter liegen in 5—8schichtiger Lage über einander, die äusseren haben eine stark verdickte Epidermis (59); die Scheide ist meist 8 mm lang und bleibt länger erhalten als bei *P. silvestris* (Gerhardt a. a. O.). Diese Kurztriebscheide umhüllt die noch zarten jungen

[1]) Nach Kronfeld (Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch., Wien. Bd. 38. 1888. Sitz.-Ber. S. 96) fand Beck auf der Raxalp *P. mughus* gewöhnlich 3nadelig.

Tabelle über die Unterschiede im Nadelbau bei *Pinus silvestris* und *Pinus montana*.

	Pinus silvestris, Waldkiefer	*Pinus montana*, Bergkiefer
Länge der Nadel	1—10 cm, meist 4—5 cm	1—5 cm
Innere flache Seite der Nadel	**bläulich** bereift	+ **dunkelgrün** (wenigstens bei der ausgewachs. Nadel)
Dimensionen d. Querschnitts[1])		
Breite der Nadel	1,75—2 mm	1,5 mm
Dicke der Nadel	0,6 mm	0,75 mm
Verhältnis der Breite zur Dicke[2])	5 : 2 (n. v. Wettstein 7 : 3)	5 : 3 (n. v. Wettstein 7 : 4)
Anatomie d. Querschnitts (vergl. Fig. 95 und 118)		
1. Epidermis:		
Epidermiszellen	annähernd quadratisch	doppelt so hoch als breit
Lumen derselben	**rundlich**	**spaltenförmig** [3])
Dicke der Cuticula[1])	1 μ (= 0,001 mm)	2 μ
Höhe der Zelle (radial gemessen)	11—14 μ (Maxim. 20 μ)	20—30 μ (Maxim. 40 μ)
Breite der Zellen (tangental gemessen[1])	9—10 μ	7—13 μ
Stärke der Wand[1])	6 μ	5—7 μ
Kantenzellen der Epidermis, Höhe derselben (radial)	35 μ	65 μ
Dimensionen des Spaltöffnungsapparates (43)	Länge 62, Breite 43 μ	Länge 59, Breite 37 μ
2. Hypoderm[4]):		
Höhe der Zellen (Brunies)	9—11 μ	11—18 μ
Breite der Zellen	18 μ	13—14 μ
Sklerenchymfasern an d. Kanten	vorhanden	fehlend
3. Sklerenchymbrücke zwischen d. Gefässbündeln	stark entwickelt, den Zwischenraum zwischen den Bündeln ausfüllend, Zellen sehr stark verdickt	schwächer entwickelt (mitunter ganz fehlend), den Zwischenraum nicht ausfüllend, Zellen schwächer verdickt
4. Harzgänge:		
Anzahl derselben	7—14 (Maxim. 22, meist 9—11)	2—6 (meist 3—5)[5])
Sklerenchymscheide	oft zweischichtig	stets einschichtig
Normales Maximalalter d. Nadeln	3, selten 4—5, nur bei rein männlich blühenden Zweigen 8—9 Jahre.	5—10, selten bis 13 Jahre[6]) auch an zapfentragenden Zweigen.

[1]) Nach Abromeit in Gerhardt, Dünenbau S. 465. Vergl. auch v. Wettstein, Sitzungsber. Wien. Akad. Bd. 96. 1887. S. 323.

[2]) Nach Drude, Über d. Vorkommen d. Riesengebirgsrasse v. *Pinus montana* Mill. in d. sächs.-böhm. Oberlausitz. — Isis. 1881, S. 102—108, Dresden 1882.

[3]) Auf diese Eigenschaft, durch welche *P. montana* von allen andern Pinusarten sich scharf unterscheidet, hat zuerst Thomas aufmerksam gemacht (De foliorum frondosorum Coniferarum structura anatomica. Dissert. Berlin 1863, S. 8.)

[4]) Das Hypoderm ist nur bei *Pinus silvestris, montana* und *densiflora* Sieb. et Zucc. (Japan) einschichtig und schwach verdickt, bei allen übrigen *Pinus*-Arten mehrschichtig und sklerenchymatisch ausgebildet.

[5]) Dr. Brunies (schriftl. Mitteil.) fand bei zahlreichen Nadeluntersuchungen in einem Fall, bei einer Zwischenform zwischen *P. montana* und *P. silvestris*, mehr zu letzterer neigend, gar keine Harzgänge in der Nadel.

[6]) Dr. Brunies (schriftl. Mitteil.) fand an den aufrechten Bergkiefern am Ofenpass bei ca. 1830 m an 46 Ästen 1mal 3jährige, 6mal 5jährige, 14mal 7jährige, 11mal 8jährige, 5mal 9jährige, und je 1mal 10-, 11-, 12- und 13jährige Nadeln.

Nadeln noch lange nach dem Austreiben, schützt sie vor zu starker Transpiration und vor Frost, und ist so ein ökologisches Aequivalent der Knospenkappe von *Picea* (59). Die Unterschiede im äussern und innern Bau der Nadel gegenüber *P. silvestris* finden sich in der auf Seite 223 stehenden Tabelle zusammengestellt; vergl. dazu Fig. 95 auf S. 188 und Fig. 113 auf S. 222. Auf dem Längsschnitt sind Kurztrieb und Einzelnadel analog gebaut, wie bei *P. silvestris*. (Vergl. auch Fig. 114[5]).



Fig. 115. *Pinus montana.* Zweig einer männlich blühenden Pflanze; Nadeln noch am 9jährigen Jahrestrieb erhalten.
Die nackten Stellen an den älteren Jahrestrieben entsprechen den abgefallenen männlichen Blüten. (Nach Schröter.)

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass die Nadeln von *P. montana* länger am Triebe sitzen bleiben, dicker und derber gebaut sind, mit stärkerer Betonung der xerophytischen Merkmale; ausserdem sind die Scheiden länger und dauernder, lauter Momente, welche die Widerstandsfähigkeit der Nadeln erhöhen.

Wie bei *P. silvestris* zeigen auch hier die Zweige, welche mehrere Jahre lang hinter einander männlich geblüht haben, eine eigenartige wirtelige Zusammendrängung der Nadeln, unterbrochen durch die nackten Stellen, wo die männlichen Blüten standen (Fig. 115).

Die Knospen sind wie bei *P. silvestris* angeordnet, als End- und Quirlknospen; sie sind von allen europäischen *Pinus*-Arten mit der stärksten Knospendecke versehen, da diese im November aus 8—10 Schichten von Schuppen besteht (Fig. 116), deren jede eine sehr stark, beinahe bis zum Verschwinden des Lumens verdickte äussere Epidermis besitzt. Dazwischen ist Harz in grossen Mengen ausgeschieden; jede Schuppe enthält zwei Harzgänge und ein rudimentäres Gefässbündel. Unter der Epidermis liegen noch 2—6 Schichten tangential flachgedrückter Parenchymzellen, deren Wandungen ebenfalls verdickt sind. Die Schuppen greifen mit ihren langfransigen Randhaaren fest ineinander, auch aussen sind die Knospen mit Harz bedeckt, was bei *P. silvestris* nicht der Fall ist (59).

[5]) Die zahlreichen in der Literatur erwähnten Bastarde und Übergangsformen zwischen *Pinus silvestris* und *P. montana* sind vielfach auch durch intermediäre Anatomie der Nadeln von Interesse. Man vergleiche über diese Bastarde und Übergangsformen: Brügger, Chr. Mitteilungen über neue und kritische Formen der Bündner und Nachbarfloren, Chur 1886. S. 128. Ders., Jahresb. d. nat. Ges. Graubündens. Jahrg. 29. 1884/85. S. 175. Christ, H. Beiträge zur Kenntnis der europäischen *Pinus*-Arten Flora 1864. — Ders., Die Formenkreise der europäischen *Pinus*-Arten. Flora 1865. — Heer, O. Über die Föhrenarten der Schweiz. Verh. d. schweiz. nat. Ges. Basel 1862. — Focke, W. O. Pflanzenmischlinge. Berlin, 1881. S. 419. — Beck v. Mannagetta, G. Annalen des Hofmuseums in Wien. Bd. 3. 1888. S. 77. — Ders., Flora von Niederösterreich. 1. Hälfte. Wien 1890. S. 4. — Celakovsky, L. Sitzungsber. d. böhm. Ges. d. Wiss. Bd. 10. 1893. S. 6. — v. Wettstein, R. Über die Bedeutung anatomischer Merkmale zur Erkennung hybrider Pflanzen. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Math. nat. Kl. Bd. 96. 1887. S. 324 (mit besonders eingehenden Angaben über die Nadelanatomie). — Schröter, C. Formes intéressantes de Pins. Arch. d. sc. phys. et nat. 3. pér. t. 14. Genève 1885. — Ders., Les formes du Pinus silvestris et du Pinus montana en Suisse. Ebenda 1895. — Petersen, O. G. Formentlige Bastarder mellem Skovfyr og Bjergfyr Tidsskrift for Skovvaesen. Bd. 15. Kopenhagen 1903.

Über das Höhenwachstum der Bergkiefer liegen keine so umfassenden Beobachtungen vor, wie über dasjenige der Waldkiefer. In den Bergföhrenwäldern von Briançon fand P. E. Müller (a. a. O.) durch Messungen an 17 jungen freistehendeu, unter günstigen Bedingungen gewachsenen Exemplaren folgenden durchschnittlichen Höhenzuwachs:

vom	0.—13. Jahr	. . . .	7,35 cm pro Jahr[1])
„	14.—23. „	. . . .	19,53 „ „ „
„	24.—33. „	. . . .	20,25 „ „ „
„	34.—50. „	. . . .	27,13 „ „ „

Diese Bäume erreichten im 50. Jahr eine mittlere Höhe von 9,42 m. Noch kräftigeres Wachstum fand Müller (S. 176) in Kulturen bei Viborg in Dänemark: zwei selten schöne Exemplare hatten dort im Alter von 30 Jahren schon eine Höhe von 8,59 m erreicht und zeigten in den letzten Jahren ein durchschnittliches Höhenwachstum von 35,1 cm pro Jahr. Durchschnittlich beträgt das Höhenwachstum, nachdem die ersten 5—6 schlechten Jahre vorüber sind, 15,5—25,5 cm, im Gesamtdurchschnitt bis zum 70.—80. Jahre 20,5 cm pro Jahr (**224**). Nach Hartig (29a) beläuft sich der Höhenzuwachs in den ersten zwanzig Jahren auf 10—15 cm. Die gradschäftige Bergkiefer der südböhmischen Hochmoore zeigte nach Heyrowski (bei Willkomm a. a. O. S. 240) in einem Bestande vom besten Standort, dessen durchschnittliches Alter zu 100—120 Jahren anzunehmen war, folgende Stammhöhen:

mit	25 Jahren		2,845 m
„	40	„	3,793 „
„	45	„	5,689 „
„	55	„	7,586 „
„	60	„	9,483 „
„	65	„	11,379 „
„	70	„	13,276 „
„	80	„	15,173 „
„	95	„	17,069 „
„	115	„	18,018 „

Viel geringere Zahlen fand Müller (a. a. O. S. 32) bei im Schluss gewachsenen Exemplaren in einem Mischwald von Bergkiefer und Waldkiefer in 1470—1750 m ü. M. bei Briançon. Drei alte Stämme ergaben

Alter	Höhe	Durchm.
10 Jahre	0,40 m	7,18 mm
20 „	1,22 m	24,2 mm
30 „	2,01 m	44,0 mm
40 „	3,01 m	68,0 mm
60 „	5,21 m	114,3 mm
80 „	7,47 m	158,25 mm

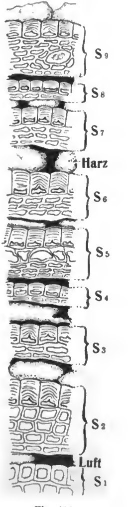


Fig. 116.
Pinus montana var. *mughus*.
Stück eines Querschnittes durch die Knospendecken.
S 1—9 die succesiven Knospenschuppen von innen nach aussen.
(Nach Grüss.)

[1]) Also ziemlich genau so viel, wie Flury (s. S. 217) im Mittel der ersten 7 Jahre bei Kulturen auf dem Adlisberg bei Zürich bei den stärksten Exemplaren fand.

Alter	Höhe	Durchm.	Alter	Höhe	Durchm.
100 Jahre	10,4 m	206,3 mm	180 Jahre	14,7 m	344,4 mm
120 „	12,3 m	266,9 mm	200 „	15,1 m	374,6 mm
140 „	13,5 m	283,2 mm	220 „	15,3 m	396,6 mm
160 „	14,25 m	298,6 mm			

Die Zeit des kräftigsten Höhenzuwachses fällt bei der Baumform in das 40—70jährige Alter (224); für Dänemark raten Hauch und Oppermann (a. a. O. S. 439) zu einer Umtriebszeit von 50—60 Jahren, da in diesem Alter der Massenzuwachs und wohl auch die Lebenskraft schon ziemlich gering sind.

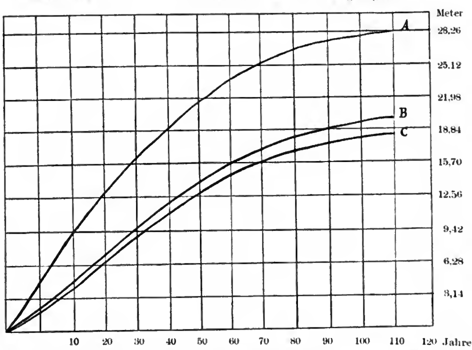


Fig. 117. Vergleichende Kurven des Höhenwachstumes bei *Pinus silvestris* und *P. montana*.
A. Pinus silvestris in den besten Standortsklassen in Dänemark. B. Pinus silvestris im nördlichen Finnland. C. Pinus montana, bestes Höhenwachstum in den dänischen Kulturen auf Sandboden; entspricht ungefähr dem Höhenwuchs von P. silvestris in der IV. Standortsklasse; vgl. S. 193.

Den durchschnittlichen jährlicheu Höhenzuwachs des Knieholzes in mittleren Höhenlagen seines Vorkommens in den Alpen von 1200—1800 m kann man auf 3—7 cm veranschlagen. Müller (a. a. O.) fand auf dem Lattengebirge bei Reichenhall über 6 m lange liegende Legföhrenstämme, welche in den letzten 16 Jahren einen durchschnittlichen jährlichen Längenzuwachs von 9 cm zeigten. Einen guten Vergleich mit den Zuwachsverhältnissen der Waldkiefer geben die Kurven auf Fig. 117. Es geht daraus hervor, dass unter günstigen Verhältnissen die Bergkiefer ungefähr doppelt so lange Zeit braucht, um dieselbe Höhe zu erreichen, wie die Waldkiefer. Ebenso stimmt im Dickenwachstum ein ca. 80jähriger Bergkieferbestand mit einem ca. 40jährigen Waldkieferbestand überein (Müller a. a. O.)

160—200jährige Bäume erreichen eine Maximalhöhe von 25—26 m und einen Umfang von 1,40 m (Mathieu).

Der Dickenzuwachs pflegt anfangs beträchtlich zu sein, aber bald nachzulassen; deshalb zeigen alte Bergkiefern auf dem Querschnitt des Stammes gewöhnlich sehr schmale Jahresringe, und erreichen niemals eine beträchtliche Stärke (224). Die maximale Dicke wird von Mathieu zu 47 cm angegeben, von Willkomm zu 65 cm bei 200jährigen Stämmen. Das würde eine mittlere Jahrringbreite von 1,6 mm ergeben, es kommt aber viel engringigeres Holz vor. Ein 50jähriger Stamm von Le Gessi im Val Agoné am Berninapass, bei 2400 m auf Gips stockend, zeigte einen Radius von 2,5 cm, also eine mittlere Jahrringbreite von 0,5 mm[1]) (Fig. 118). Rosenthal[2]) hat folgende Fälle beobachtet:



Fig. 118. *Pinus montana.* Querschnitt durch einen 50jährigen Legföhrenstamm von Le Gessi. 1 : 1.

Name	Standort	Höhe ü. M.	Alter	Mittl. Jahrringbr.
P. uncinata (Ast)	Alp. Mingér, Unterengadin	2250 m	31 Jahre	0,674 mm
„ „	Engadin, oberste Legföhre	2400 m	ca. 90 „	0,278 mm
P. mughus (Ast)	Bot. Garten Berlin	—	8 „	0,813 mm
„ „ (Stamm)	Innsbruck, Kalkboden, Fels	1950 m	53 „	0,358 mm
„ „ „	Innsbruck, Waldboden	1100 m	16 „	1,02 mm
„ „ (Ast)	„ „	1100 m	17 „	0,578 mm

Schlagintweit[3]) teilt folgende Beobachtungen mit:

P. pumilio	Benediktenwand	1335 m	34 „	0,44 mm
„ „	Margaritze	1916 m	45 „	0,33 mm

Von den dänischen Bergföhrenkulturen auf Heiden und Dünen liegen zahlreiche Messungen über die Durchmesser verschieden alter Bäume vor[4]); das Maximalalter beträgt 50 Jahre, und der Durchmesser dieser Bäume erreichte 15,38 cm, die mittlere Jahrringbreite der letzten 25 Jahre betrug 2 mm. Unter den 40jährigen Bäumen fanden sich Ringbreiten von 2,1 und 2,4 mm im Durchschnitt der letzten 25 Jahre und von 1,7 und 2,1 mm im Durchschnitt der letzten 30 Jahre, also immerhin eine 3—4mal so grosse Breite der Jahresringe, als bei den Exemplaren von der Grenze des Baumwuchses.

Aus einer grossen Anzahl von Messungen über den Brusthöhendurchmesser 25—35jähriger Bäume, und über seine Zunahme von 5 zu 5 Jahren, seien folgende angeführt[4]):

Die 5 stärksten 25jährigen Stämme (aus einer Gesamtzahl von 91 sehr verschiedenen Probeflächen entnommen) zeigten

---

[1]) Schröter, C. Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1904. S. 88.

[2]) Rosenthal, M. Über die Ausbildung der Jahresringe an der Grenze des Baumwuchses in den Alpen. Dissert. Berlin, 1904.

[3]) Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen. Leipzig 1850, S. 580.

[4]) Lütken, a. a. O. S. 90—103.

Stamm	15	20	25 Jahren
		im Alter von	
Nr. 1	5,6	8,8	10,99 cm Durchmesser
„ 2	5,02	7,8	9,73 „ „
„ 3	4,39	6,9	8,8 „ „
„ 4	4,39	6,9	8,8 „ „
„ 5	6,28	7,53	8,8 „ „

Die 5 schwächsten 25jährigen Stämme hatten

Nr. 1	0,94	1,57	2,198 cm Durchmesser
„ 2	0,94	1,88	2,198 „ „
„ 3	1,87	1,88	2,198 „ „
„ 4	1,25	1,88	2,51 „ „
„ 5	1,25	2,198	2,82 „ „

Das Holz der Bergkiefer ist ausserordentlich dicht gebaut, mit Ausnahme der Eibe und der Zerreiche schwerer, als dasjenige aller einheimischen Holzarten. Das spez. Lufttrockengewicht schwankt zwischen 0,72 und 0,94 und beträgt im grossen Durchschnitt 0,83. Es ist harzhaltig (treffliches Brennholz!), dauerhaft und nächst der Eibe das härteste und schwerst spaltbare unserer Nadelhölzer (30). Besonders das rotbraune Kernholz älterer Bäume wird in Frankreich als Bauholz hochgeschätzt; die Balken der Festungsbauten von Mont S. Louis in den Pyrenäen, welche aus der Zeit Ludwigs XIV. stammen und von der Bergkiefer herrühren, sind heute noch vollkommen gut erhalten (Mathieu, a. a. O., S. 596). Rosenthal (a. a. O.) konstatierte an dem Holze sehr hoch über Meer gewachsener Coniferen allgemein eine sehr geringe Wandverdickung der Spätholztracheïden (Fig. 119); ob dieselbe mit der Erhöhung der Leitungsfähigkeit für Wasser zusammenhängt, oder ob sie nur Folge mangelhafter Ernährung ist, lässt Rosenthal unentschieden. Dagegen fand er die Hopftüpfelzahl mit der Höhe nicht grösser, wie Zdarek es für die Fichte angibt.[1])

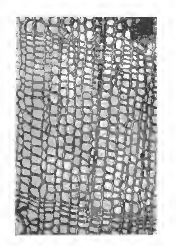


Fig. 119. *Pinus montana* var. *uncinata*, vom Engadin 2400 m ü. M. Spätholztracheïden bei diesem hochalpinen Holz sehr schwach verdickt. 100 : 1. (Nach Rosenthal.)

Die Rinde der einjährigen Langtriebe, oft zwischen den dicht gedrängten Kurztrieben kaum sichtbar, erscheint im Gegensatz zu der meist hell gefärbten und glanzlosen der gemeinen Kiefer äusserlich grünlichbraun bis violettbraun und mehr oder minder glänzend. An den älteren nadellosen Trieben wird sie rasch grau, bleibt aber dabei durch die Kissen der Knospenschuppen noch einige Zeit hindurch rhombisch gefeldert. Hiebei lassen sich die Grenzen zwischen den einzelnen Jahrestrieben an geringen Einschnürungen erkennen, welche durch die kleineren Kissen der jeweilig untersten Schuppen verursacht sind. Die düster schwärzlichgrau erscheinende

[1]) Zdarek, R. in Österr. Forst- und Jagdzeitung. Wien 1903. S. 185. Zitiert nach Rosenthal a. a. O.

Rinde verwandelt sich später in eine kleinschuppige, innen rötlichbraune fichtenähnliche Borke von geringer Mächtigkeit. Diese Veränderung vollzieht sich jedoch erst an alten Stamm- oder Astteilen, welche etwa die Stärke eines Kinderarmes erreicht haben (30). (Vergl. Fig. 120.) Niemals bildet sich an den Ästen jene in feinen Blättchen abschülfernde rötliche Borke, welche für *P. silvestris* so bezeichnend ist, sondern die Rinde erscheint überall gleichmässig graulich; daher fehlt hier auch der auffallende Unterschied zwischen den unteren Teilen und dem Wipfel alter Stämme, wie er bei der Waldkiefer so stark hervortritt.

P. montana scheint ärmer an Harz zu sein, als *P. silvestris*. Mayr (46) untersuchte einen hundert Jahre alten Stamm von *P. m. uncinata*, 950 m ü. M. gewachsen, mit 23,5 cm Durchmesser in Brusthöhe, und fand pro 1000 g des absolut trocknen Holzes:

1. Sektion (Erdstamm) im Splint 19,34 g, im Kern 31,95 g Harz
2. „ (astloser Schaft) „ „ 18,43 g, „ „ 29,01 g „

Der ganze Baum enthielt im Durchschnitt 26,45 g festes Harz in 1000 g des absolut trocknen Holzes, d. h. etwa die Hälfte der in einer 113jährigen Waldkiefer

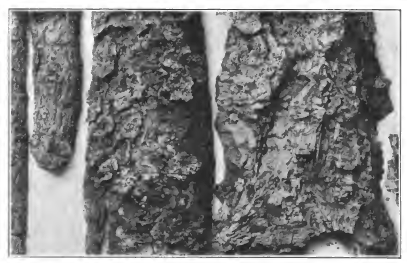


Fig. 120. *Pinus montana.* Borke von Bäumen verschiedenen Alters der Baumform vom Ofenberghaus (ges. von Dr. Brunies, Orig.-Phot. Sch.)

vorhandenen Harzmenge (48,1 g). Tuxen fand in sieben verschiedenen Stämmen aus Kulturen in Dänemark 2,37—8,44 % Harz gegen 7,82 % bei *P. silvestris* [1]). Doch ist die Methode der Bestimmung nicht angegeben und deshalb ein Vergleich mit den Mayr'schen Zahlen nicht möglich.

Das durch Destillation aus Nadeln und Knospen gewonnene ätherische Öl („Karpathen-Balsam") enthält 5—7 % Bornylacetat $C_{10}H_{17}OCH_3CO$; von Terpenen ($C_{10}H_{16}$): Pinen, l-Phellandren und Sylvestren; ferner Cadinen $C_{15}H_{24}$ [2]).

Die Verteilung der Harzgänge weicht bei *P. montana*, wie übrigens auch bei *P. silvestris*, von der der übrigen Abietineen dadurch ab, dass die Harzgänge der Nadeln nicht in Verbindung stehen mit denjenigen der sie tragenden Kurztrieb-

[1]) Lütken a. a. O.

[2]) Fischer-Hartwich, Handbuch der praktischen Pharmacie. 1902. Bd. II. S. 632.

achse; letztere enthält vier Harzkanäle, welche mit den Rindengängen des Langtriebes in Kommunikation treten, nicht aber mit den blind endigenden Gängen der Nadeln.[1] Eine zweite Abweichung ist die, dass die Rindengänge des alten Jahrestriebes auch in den neuen sich fortsetzen. — (Sch.)



Fig. 121. *Pinus montana* var. *pumilio*. Ein Staubblatt mit den beiden geöffneten Pollensäcken, von der Unterseite. 15 : 1. (Orig. K.)

Die Blühbarkeit tritt bei der Bergkiefer sehr frühzeitig, oft schon im 6., spätestens im 10. Lebensjahre ein, und alljährlich pflegt die Blüten- und Samenproduktion reichlich zu sein (**150**, **224**). Je nach der Lage des Standortes tritt das Blühen Ende Mai bis Mitte Juni ein. Die Verteilung und der Bau der männlichen und weiblichen Blüten, sowie der Vorgang der Bestäubung stimmen fast vollkommen mit den Verhältnissen bei *P. silvestris* überein; doch kommen nach Nördlinger (**150**) zweihäusige Bäume ziemlich häufig vor. Überhaupt zeigt nach Schröter[2] der Baum insofern eine Tendenz zur Zweihäusigkeit, als oft die einen Exemplare vorwiegend Pollenblüten, die andern vorwiegend Zapfen hervorbringen; an den männlichen Bäumen sind die Kurztriebe weit herunter in Scheinquirle angeordnet, welche durch die leeren Stellen, an denen die männlichen Blüten gesessen haben, von einander getrennt sind (vergl. Fig. 115 S. 224.) Die männlichen Blüten stehen noch zahlreicher beisammen, sind schlanker, bis 15 mm lang, und von einer mehr goldgelben Farbe; auch hier kommt, wie bei *P. silvestris*, eine Spielart mit roten männlichen Blüten vor. Die Antheren (Fig. 121) tragen einen grösseren,



Fig. 122. *Pinus montana* var. *pumilio*. Weibliche Blüte, am Grunde von einigen Schuppenblättern umgeben. Die hellen, dünnen, abgerundeten Blätter sind die Deckschuppen, die dunkel gehaltenen, in eine Spitze vorgezogenen die Fruchtschuppen. 15 : 1. (Orig. K.)

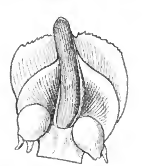


Fig. 123. *Pinus montana* var. *pumilio*. Fruchtschuppe von der Oberseite gesehen, mit der mittleren, kielartigen Hervorragung und mit 2 Samenanlagen am Grunde; hinter ihr ragt die Deckschuppe hervor. 30 : 1. (Orig. K.)

rundlichen gezähnten Konnektivkamm. Die weiblichen Blüten (Fig. 122) erscheinen dicht an der Spitze der jüngsten Triebe noch vor der Entfaltung

[1] Zang, W. Die Anatomie der Kiefernadel. Dissert. Giessen 1904.

[2] Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1904, S. 75.

der Nadelpaare, und sind infolge dessen von allen Seiten leicht zugänglich. Sie stehen einzeln oder zu mehreren aufrecht beisammen, sind von geringer Grösse, aber schön dunkelviolett gefärbt, sehr kurz gestielt, an der Basis von lanzettförmigen Schuppenblättern umgeben. Die Deckschuppen sind klein, die Fruchtschuppen (Fig. 123) fleischig, breit, abgerundet, in der Mitte mit einem stark vorspringenden und verlängerten Kiel versehen, an der Basis mit der Deckschuppe in einen kurzen Stiel vereinigt. Wenn die Antheren zu stäuben beginnen, streckt sich die Achse der weiblichen Blüte bedeutend, und infolge dessen rücken die einzelnen Schuppen auseinander. Die beiden langen, dünnen Mikropylenfortsätze der Samenanlagen sondern eine Flüssigkeit aus, und wenn jetzt Pollenkörner, vom Winde getragen, auf die weiblichen Blüten fallen, so gleiten sie an den aufgerichteten Fruchtschuppen zu beiden Seiten des Kieles hinunter und gelangen zwischen die Fortsätze der Samenanlagen. Hier bleiben sie an der Mikropylenflüssigkeit haften und werden allmählich in die Mikropyle eingesogen, wo sich an der Spitze des Nucellus eine Einsenkung gebildet hat (73).

Nach der Befruchtung bleiben die jungen Zapfen gewöhnlich noch bis zum Herbst aufrecht stehen und nehmen auch später nur eine aufrecht-abstehende, horizontale oder schräg nach unten gerichtete Lage ein. Die weitere Ausbildung und Entwickelung des Zapfens verläuft nach Kramer[1]) in derselben Weise, wie bei *P. silvestris*. Die Zapfen stehen häufig zu zwei oder mehreren beisammen, haben im unreifen Zustand eine violette Farbe, sind bei manchen Abarten bereift, reifen im Herbst des zweiten Jahres und öffnen sich im darauffolgenden Frühjahr, um die Samen auszustreuen, worauf sie noch lange an den Zweigen sitzen bleiben können. Im Ofengebiet öffnen sich nach den langjährigen Beobachtungen von J. Roner in Zernetz die Zapfen schon von Mitte Oktober bis Ende November des 2. Jahres; die reifen geöffneten Zapfen können in seltenen Fällen bis zum 21., ja sogar bis zum 30. Jahr stehen bleiben[2]). Die bedeutenden Unterschiede in der Grösse und Färbung der Zapfen, sowie in der Form der Apophysen sind eingangs besprochen; eine ökologische Bedeutung dieser Verschiedenheiten ist nicht bekannt, und auch nicht ersichtlich, aus welchem Grunde Huth (81) *P. uncinata* unter die Klettpflanzen einreiht. Die Samen sind etwas grösser und mit einem etwas kleineren Flügel versehen, als die von *P. silvestris*, mit denen sie im übrigen in Struktur und Verbreitungseinrichtung übereinstimmen. — (K.)

7. Pinus nigra Arnold. var. austriaca Höss, Schwarzkiefer.

(Bearbeitet von Kirchner).

Von einer ähnlichen Anspruchslosigkeit hinsichtlich der Bodennährstoffe und des Wassers, wie die gemeine Kiefer, ist die Schwarzkiefer wärmebedürftiger, aber in nicht so hohem Masse lichtbedürftig, als jene. Nach ihrem natürlichen Vorkommen lässt sich vermuten, dass sie Klimate mit heissen Sommern und einer mittleren Jahrestemperatur von wenigstens 7,5° C. verlangt; auch entwickelt sie sich im Frühjahr später als *P. silvestris* und erträgt strenge Winter nicht (224). Bei Anbauversuchen in Norddeutschland und in Norwegen hat man daher die Erfahrung gemacht, dass die Schwarzkiefer zwar in der Jugend, wo die klimatischen Faktoren noch eine verhältnissmässig geringere Rolle spielen, als Waldbaum eine gute Entwickelung zeigt, aber nach 10—20 Jahren mehr oder weniger vollständig zurückgeht (72). Die Transpirationsgrösse beträgt pro Jahr auf 100 g Blatttrockensubstanz nur 9992 g Wasser, bleibt also hinter derjenigen der gemeinen Kiefer etwas zurück (32).

[1]) Vergl. S. 201, Anm. 1.

[2]) Nach Beobachtungen von Dr. Brunies und Sch.

Den hauptsächlichsten Standort der Schwarzkiefer bildet die Alpenkalk-Formation, an der Grenze derselben kommt sie auch auf anderen Unterlagen, wie Sandstein, Grauwackenschiefer und Nagelfluhe vor, doch zeigt sie im allgemeinen eine solche Bevorzugung kalkreichen Bodens, dass man sie als eine kalkliebende Holzart bezeichnen darf.[1]) Denn wenn auch die von J. Möller[2]) angestellten Versuche über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die erste Entwicklung der Schwarzföhre eine Überlegenheit der in Kalk oder kalkhaltigem Boden erwachsenen jungen Pflänzchen nicht ergeben haben, so werden hierdurch die praktischen Erfahrungen an älteren Bäumen und Beständen nicht widerlegt. Aus der Tatsache, dass die Reinasche der Blatttrockensubstanz 1,92 %, hiervon die Phosphorsäure nur 0,25 % beträgt, schliesst Ebermayer (18), dass die Schwarzkiefer in Bezug auf die Bodennährstoffe noch etwas genügsamer zu sein scheint, als *Pinus silvestris*. Bei der chemischen Untersuchung von Holz, Rinde und Nadeln fanden Fliche und Grandeau[3]) einen Aschengehalt von 2,45 %, davon Phosphorsäure 0,28 %, Magnesia 0,33 %, Kali 0,33 %, Kalk 1,20 %.

Das Verbreitungsgebiet der Gesamtart *P. nigra* Arn. (= *P. Laricio* Poiret) erstreckt sich über Südeuropa vom südlichen Spanien bis zum cilicischen Taurus in Kleinasien. Die Schwarzkiefer (*var. austriaca* Höss), soweit sie in unserem Gebiet ursprünglich vorkommt, hat ihr Verbreitungszentrum in Niederösterreich, wo sie ihre Nordwestgrenze am Tal des von Süden her in die Donau mündenden Traisenflusses findet. Hier nimmt sie nach v. Seckendorff (a. a. O.) eine Fläche von 80700 ha oder 12,7 % der Waldfläche Niederösterreichs ein, wovon 31409 ha auf Bestände mit 50 % und mehr Schwarzkiefern kommen; sie findet sich namentlich im Wiener Walde und auf den am Nordrande der östlichen Kalkalpen sich ausbreitenden Hochebenen, zwischen Mödling im Norden und Gloggnitz im Süden, sowie zwischen Wiener-Neustadt im Osten und Gutenstein im Westen. In den übrigen österreichischen Kronländern Kärnten, Krain, Küstenland, ferner im Banat, in Kroatien und Dalmatien kommt sie nur zerstreut vor, desgleichen in Galizien, der Herzegowina und Bosnien. Im übrigen Gebiet ist sie vielfach als Waldbaum angebaut, so in allen Ländern Österreich-Ungarns und einem grossen Teil des Deutschen Reiches. Die obere Höhengrenze für die Schwarzkiefer liegt in Niederösterreich bei 1113 und 1247 m (224). Nach v. Seckendorff finden sich hier die Schwarzkieferbestände in einer Höhe zwischen 300 und 1300 m, in Kärnten zwischen 600 und 1000, im Banat zwischen 500 und 1100, in Dalmatien zwischen 300 und 950 m.

An der oben erwähnten Nordwestgrenze der Verbreitung der Schwarzkiefer erreichen nach Kerner (91) noch folgende Arten ihre nordwestliche, bezw. nördliche Verbreitungsgrenze: *Carex Michelii, Allium flavum, Iris variegata, Quercus cerris, Thesium ramosum, Erysimum canescens, Reseda phyteuma, Althaea pallida, Linum perenne, L. hirsutum, Cytisus austriacus, Euphorbia epithymoides, Bupleurum Gerardi, Seseli glaucum, S. varium, Sempervivum hirtum, Saxifraga bulbifera, Onosma echioides, Salvia austriaca, Verbascum speciosum, Inula ensifolia, I. oculus Christi, Artemisia austriaca, Centaurea axillaris, Cirsium erisithales, Jurinea mollis, Scorzonera austriaca.*

Im Schwarzföhrenwald fehlen selbst baumbesiedelnde Moose und Flechten; auf dem von dürren Nadeln überdeckten Boden kann nur eine kurze Grasnarbe, Wacholdergebüsche, Zwerggesträuche und wenige Blumen aufkommen (36). Als

[1]) v. Seckendorff, A. Beiträge zur Kenntnis der Schwarzföhre. I. Teil. Wien 1881.

[2]) Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs. Heft 2. 1877.

[3]) Annales de chimie et de physique. 1873. p. 383.

typische Begleiter nennt Günther Beck[1]) *Juniperus communis, Crataegus monogyna, Berberis vulgaris*, alle spärlich und vereinzelt; erst am Waldrand tritt *Erica carnea, Aronia* und *Daphne cneorum* auf, von Zwergsträuchern erscheinen *Genista pilosa* und *Polygala chamaebuxus;* unter den Gräsern sind *Sesleria caerulea* und *Brachypodium pinnatum* die häufigsten (beide kalkhold!), unter den vereinzelten Stauden trifft man *Monotropa, Cyclamen* und *Helleborus niger.*

In ihrer Lebensgeschichte zeigt die Schwarzkiefer eine so grosse Übereinstimmung mit der gemeinen Kiefer, dass hier nur die Abweichungen von letzterer, soweit Untersuchungen darüber vorliegen, angeführt zu werden brauchen. Die Keimfähigkeit der Samen beträgt durchschnittlich 67 % und erhält sich während 2—3 Jahren. Die Keimung wird nach Jaschnow[2]) günstig beeinflusst, wenn die Keimtemperatur von 17,5—20° C zeitweise auf 25° C erhöht wird; sie erfolgt bei Frühlingssaat in 3—4 Wochen und verläuft wie bei *P. silvestris.* Von in der Dunkelheit erwachsenen Keimlingen fand Wiesner 93 % ergrünt. Die mit 5—10, meistens 7 Kotyledonen versehene Keimpflanze ist kräftiger als die der gemeinen Kiefer; die Kotyledonen sind ca. 35 mm lang und wie die Primärblätter von einer blaugrünen Farbe (186). Die letzteren sind am Rande gezähnt und im 1. Jahre in der Regel die allein entwickelten Laubblätter. Auch im 2. Jahre und am Grunde von Seitentrieben noch im 3. Jahre kommen sie zum Vorschein. Die zweinadeligen Kurztriebe werden ausnahmsweise bereits im 1. Jahre entwickelt, regelmässig aber im zweiten. Der Unterschied gegen junge Pflanzen der gemeinen Kiefer wird nun an der bedeutenderen Länge der Nadeln bemerklich, doch ist der Höhenwuchs der Pflanzen in den ersten Lebensjahren geringer, als bei jener (29a). Nach den Untersuchungen von Ph. Flury[3]) beträgt (auf Tonboden)

im Alter von	die durchschnittliche Höhe in cm bei grossen	mittelgrossen	kleinen Pflanzen
1 Jahr	4	2	1
2 „	8	5	4
3 „	20	12	7
4 „	39	24	13
5 „	59	35	24
6 „	115	72	46

Die Wurzelentwickelung ist schon in der Jugend weniger kräftig als bei *P. silvestris;* an 3—5jährigen Pflanzen gehen vom Wurzelhalse einige kräftige Herzwurzeln aus, von denen sich lange, in die Tiefe wachsende Seitenstränge abzweigen. Die Saugwurzeln sind derber als die der gem. Kiefer, und gehören bei 5jährigen Exemplaren meistens der 4. und 5. Verzweigungsordnung an; sie bilden einfache kleine Gabeln oder sind mehrfach gabelig verästelt, sehr häufig stehen sie in zahlreichen dichten Knäueln beisammen, welche die Triebwurzeln auf mehrere cm Länge bedecken. Im Winter sind die Wurzeln intensiv braun gefärbt, die gebräunten Teile der Triebwurzeln sind häufig mit langen Wurzelhaaren versehen (19). Die Seitenwurzeln erreichen an älteren Bäumen eine Länge von 6—8 m und darüber; sie verbreiten sich teils weithin an der Oberfläche, teils dringen sie in lockerem Boden sehr tief ein. Auf den Kalkgebirgen, wo nur wenig Bodenkrume vorhanden ist, laufen sie oft ganz nackt

[1]) Günther Beck, Ritter von Managetta, Flora von Hernstein in Niederösterreich, Wien 1884, S. 6—10.

[2]) Botan. Jahresbericht. Bd. 13, Abt. 1, 1885, S. 20.

[3]) Mitteil. d. Schweizer. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. 4, 1895, S. 189.

über die Felsen hin, bis sie in Spalten eindringen können.[1]) Wie bei den verwandten Arten, können sich auch bei der Schwarzkiefer die Wurzeln zu Mykorrhizen umbilden; nach den Beobachtungen von A. Engler (19) geschah dies in einem humusarmen Boden meistens; v. Tubeuf beobachtete reichliche Bildung von ektotrophen Mykorrhizen auf gut gedüngtem humosen Ackerboden[2]).

Der allmähliche Aufbau der Verzweigungen des Stammes und die spätere Herausbildung der Krone vollziehen sich unter denselben Einzelerscheinungen, wie bei *P. silvestris*. Auf günstigem Boden behält der Baum nach v. Seckendorff bis ins hohe Alter einen geraden stämmigen Wuchs, an manchen Örtlichkeiten, besonders bei nicht sehr in die Tiefe gehendem Wurzelsystem ist dagegen der Höhenwuchs geringer und bildet sich eine fächer- oder schirmförmige Krone aus. Im allgemeinen ist die Krone im Verhältnis zur Baumhöhe von grösserem Umfang als bei *P. silvestris*, und der Baum macht deshalb, zugleich mit dem gedrungeneren Bau seiner Krone, in deren Innerem nach J. Wiesner[3]) nur eine Lichtintensität von $^1/_{51}$ des totalen Tageslichtes herrscht, ferner mit seiner dichteren, kräftigeren und längeren Benadelung den Eindruck üppigeren Wachstumes (30).

Die Nadeln der Kurztriebe stehen zu 2, ausnahmsweise zu 3 beisammen, haben eine Länge von 5—17 cm bei 1,5—2 mm Dicke und eine auf Ober- und Unterseite gleichmässig dunkelgrüne Farbe; sie sind steif und spitz, am Rande sehr fein gesägt, grade oder etwas gekrümmt, aber wenig oder nicht gedreht. Von den Schuppenblättern am Grunde des Kurztriebes sind die zwei untersten halb umfassend, steif und kurz, von ockergelber Farbe, die nächstfolgenden ganz umfassend, länglich und zugespitzt, die folgenden 4—6 dünner, gelblichweiss, und die obersten weiss, ins graue übergehend, an der Spitze zerrissen; im Alter werden diese Scheiden immer kürzer und schwärzer. An den jüngsten Trieben stehen die Nadeln ziemlich aufrecht, später spreizen sie sich allmählich senkrecht von den Zweigen ab, was gewöhnlich im 3. Jahre erfolgt; noch ältere Nadeln neigen sich nach abwärts. Sie zeigen an den aufeinander folgenden Trieben dieselbe Zu- und Abnahme der Länge, wie die der gemeinen Kiefer.

In ihrem anatomischen Bau ist im Vergleich zu den Nadeln von *Pinus silvestris* die annähernd gleich dichte Verteilung der Spaltöffnungen auf Ober- und Unterseite (in der Regel 9 Längsreihen auf der oberen, 12 auf der unteren Seite), sowie das Vorhandensein eines 1—2, bisweilen 4—5 Zellreihen mächtigen, aus stark verdickten Fasern bestehenden Hypoderms zu erwähnen, welchem die Nadeln ihre grosse Derbheit verdanken. Die Harzkanäle, deren ausser den beiden randständigen in der Regel noch 1 auf der ebenen und 2 auf der gewölbten Seite vorhanden sind, liegen im Chlorophyllparenchym, sind von 6—9 sezernierenden Zellen umgeben und von einer Schicht von Sklerenchymfasern umscheidet; die beiden im Transfusionsgewebe liegenden Gefässbündel sind einander genähert.

Das Lebensalter der Nadeln beläuft sich auf $2^1/_2$—8 Jahre, meistens beträgt es $3^1/_2$—$4^1/_2$ Jahre[4]), ist also durchschnittlich höher als bei der noch mehr lichtbedürftigen gemeinen Kiefer. Die jungen Nadeln sind nach den Untersuchungen von Fliche und Grandeau[5]) an Wasser ziemlich reich, da sie 71% davon enthalten, vom Ende des 1. und während des 2. und 3. Jahres sinkt ihr

[1]) v. Seckendorff, a. a. O.

[2]) Naturwiss. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. Bd. 1, 1903, S. 82.

[3]) Sitzungs-Ber. der k. k. Akademie d. Wiss. Wien. Mathem.-naturw. Klasse. Bd. 104. Abt. 1. 1895. S. 605.

[4]) May, K. J. in Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 26. 1894. S. 648—660.

[5]) Annales de chimie et de physique. 1877. 5 sér. tome 11. p. 224—243.

Wassergehalt auf 57% und gegen das Ende ihres Lebens auf 40%; der Stickstoffgehalt, der im 1. Jahre 1,20—1,33% der Frischsubstanz beträgt, sinkt im 3. Jahre auf 0,78—0,53%, die Aschenbestandteile dagegen nehmen immerfort zu: sie betragen in der Jugend 1,63%, vor dem Absterben 4,55% der Frischsubstanz. Diese Zunahme kommt auf Rechnung der Kieselsäure und namentlich des Kalkes, dessen Menge in jungen Nadeln nur 15,53%, in vierjährigen dagegen 70,47% der Asche beträgt; der Phosphorsäuregehalt verringert sich von 27,89% in jungen auf 5,94% in alten Nadeln am Anfang ihres 5. Lebensjahres, und der Kaligehalt, welcher anfangs 26,32% beträgt, ist in der Mitte des 4. Lebensjahres nur noch in Spuren nachweisbar. Das Abwerfen der Kurztriebe nach dem Absterben der Nadeln vollzieht sich wie bei *P. silvestris*.

Die Winterknospen stehen am Haupttriebe gewöhnlich zu 6—7, an den Seitenzweigen zu 2—4 am Gipfel beisammen; die mittlere, welche die Verlängerung des Triebes bewirkt, ist am kräftigsten gebaut, sie hat eine Länge von 20—30 mm, eine Dicke von 7—9 mm. Alle Knospen sind länglich, am Ende stark zugespitzt, glänzend und von hell kastanienbrauner Farbe; die sehr zahlreichen (über 350) Knospenschuppen sind mehr in die Länge gezogen, sonst aber von ganz ähnlichem Bau, wie bei der gemeinen Kiefer; die unteren sind im Herbst nach rückwärts zurückgebogen, die oberen liegen an und sind durch weisses Harz miteinander verklebt (v. Seckendorff a. a. O.). Der unterste Teil dieser Schuppen ist grün und saftig und hat in seinem Bau viel Ähnlichkeit mit den Nadeln: in der Mitte sind 2 schwache, durch 1—2 Parenchymreihen von einander getrennte Gefässbündel vorhanden, auch von dem Transfusionsgewebe findet sich eine Andeutung und die Harzkanäle sind normal gelagert. Im oberen trockenen Teil der Schuppe sind kaum noch erkennbare Gefässbündel und Harzkanäle und wenige verzerrte Parenchymzellen die letzten Andeutungen des ursprünglichen Blattbaues, der Hauptsache nach besteht dieser Schuppenteil aus stark verdickten, mit Tüpfelkanälen versehenen Elementen, woran der dünne, häutige Rand sich anschliesst. Die oberen Knospenschuppen sind bedeutend zarter als die äusseren (58). Im ganzen stellen diese Schuppen eine 5—6schichtige Knospenhülle dar, aber davon liegen immer nur 2 Schuppen mit ihrer Mittellinie übereinander, die übrigen Schichten kommen auf die dünnen Ränder (59). Wenn jedoch hieraus Grüss den Schluss zieht, dass die Schwarzkieferknospen, selbst im Verhältnis zu *Pinus pinaster*, weniger gut gegen Wasserverlust geschützt seien, und der Baum keine grosse Trockenheit ertrage, so wird dies durch die vorher mitgeteilten Beobachtungen über seine geringen Ansprüche an Feuchtigkeit widerlegt.

Über den Gang des Höhenwachstumes liegen keine so genauen Angaben, wie bei der gemeinen Kiefer vor; unter mittleren Verhältnissen erwachsene Schwarzkiefern pflegen im Alter von

10	Jahren	eine	Höhe	von	ca.	1,5 m
20	„	„	„	„	„	4 „
30	„	„	„	„	„	6 „
40	„	„	„	„	„	8—9 „
50	„	„	„	„	„	10—11 „
60	„	„	„	„	„	12—13 „
70	„	„	„	„	„	13—14 „
80	„	„	„	„	„	15—16 „
90	„	„	„	„	„	16—17 „
100	„	„	„	„	„	17—18 „

zu haben (30, v. Seckendorff). Nach Messungen, welche Böhmerle (5) an den Gipfeltrieben verschieden alter, gefällter Bäume anstellte, beträgt der durch-

schnittliche jährliche Längenzuwachs der letzten 5 Jahre im Alpengebiet oberhalb 500 m Seehöhe

im Alter von	cm	im Alter von	cm	im Alter von	cm
30 Jahren	40	80 Jahren	12,2	130 Jahren	8,2
40 „	22	90 „	11,4	140 „	8,2
50 „	19,6	100 „	10,6	150 „	6,2
60 „	17,4	110 „	10,4	160 „	5,8
70 „	14,6	120 „	9,6	170 „	5,4

Anscheinend geben diese Zahlen nur ein Bild von dem absteigenden Aste der Höhenwachstums-Kurve, und fällt deren Gipfel vor das 30. Lebensjahr des Baumes. Ob das Dickenwachstum des Stammes eine ähnliche Periodizität zeigt, darüber geben die Mitteilungen von v. Seckendorff und Böhmerle keine ausreichende Auskunft. Der Baum erreicht eine Höhe bis zu 35 m bei einem Stammdurchmesser von 1 m und darüber (224).

Im primären Bau der Sprossachsen findet man unter der Epidermis ein aus 3—4 Schichten bestehendes, grosszelliges Hypoderm, das darunter liegende Rindenparenchym enthält regelmässig verteilte Harzkanäle. Gegen Ende der ersten Vegetationsperiode beginnt unterhalb des Hypoderms die Peridermbildung, und sehr bald verdicken sich die äussersten Peridermzellen sklerotisch und bilden dadurch eine Steinzellenlage, welche die erste Borkeschuppe abtrennt. Gewöhnlich ist an 3jährigen Achsen das Periderm noch von der Epidermis bedeckt, im 5. Jahre ist diese abgestossen. Innerhalb der ersten und der folgenden Korkhäute sind mächtige Lagen primärer Rinde samt deren Harzkanälen enthalten; die Borkebildung beginnt sehr frühzeitig, ihre Abstossung aber selten vor dem 8. Jahre. Die äusseren Zellreihen der trennenden Korkschichten verwandeln sich in grosse Steinzellen und diesen Sklerenchymplatten entlang trennen sich die Borkeschuppen von einander. Am 10—12 Jahre alten Gipfelspross pflegt die primäre Rinde durch die Borkebildung verbraucht zu sein, nachher finden sich in der sekundären Rinde keine Harzkanäle mehr vor (53). Vor Beginn der Korkbildungen haben die jungen Triebe eine grüngelbe Farbe und sind mit den schuppenförmigen Tragblättern der Kurztriebe besetzt. Diese Schuppen bilden unten ein kräftiges erhabenes Blattkissen, während ihre obere zugespitzte, freie Hälfte abfällt und dabei einen nagelartigen, zurückgebogenen, rotbraun gefärbten Geweberest zurücklässt. Mit dem Beginn und Fortschreiten der Peridermbildung nehmen die Zweige erst eine braune, später eine aschgraue Farbe an und durch die Ausbildung der Borkeschuppen verschwinden die Blattkissen, durch welche der junge Zweig gefurcht erscheint. An älteren Stämmen hat die Borke eine heller oder dunkler graue Färbung, ist der Länge nach aufgerissen und blättert in Form von flach muschelförmigen, wellig umgrenzten, höchstens 3 mm dicken Schuppen ab (v. Seckendorff, 53). Die Schuppenborke reicht bis in die Krone hinein und bildet mit ihrer oft schwarzgrauen Färbung einen auffallenden Gegensatz zu dem Aussehen der gemeinen Kiefer. Die späteren Borkebildungen greifen sehr tief in die sekundäre Rinde ein; der Anteil der Borke (mit Einschluss der sekundären Rinde) am ganzen Stamme, das sog. Borkenprozent, fällt vom Fusse des Stammes gegen dessen Mitte und steigt gegen den Gipfel hin; es steigt ferner bei gleichbleibendem Volumen des Stammes mit dem wachsenden Alter, fällt aber bei gleichem Alter mit der Zunahme des Stamm-Volumens. Nach diesen Verschiedenheiten schwankt das Borkenprozent (5)

im Alter von		im Alter von	
1—10 Jahren	von 27—57	41—50 Jahren	von 26—54
11—20 „	„ 31—58	51—60 „	„ 23—28
21—30 „	„ 31—58	61—70 „	„ 17—29
31—40 „	„ 24—51	91—100 „	„ 12—36

Das spezifische Gewicht der Borke nimmt gegen den Gipfel des Baumes zu und beträgt durchschnittlich 0,475 am Grunde und 0,900 am oberen Ende des Stammes (53).

Das Holz der Schwarzkiefer ist von dem der gemeinen Kiefer anatomisch kaum unterscheidbar, doch ist der rötlichbraune Kern in der Regel schmäler. Die Harzgänge sind nach J. Möller[1]) von bedeutender Länge und kommunizieren mit einander, wie bei *Pinus silvestris*, vermittelst der in den Markstrahlen horizontal verlaufenden Harzkanäle, mit denen sie sich kreuzen. Das spez. Gewicht des Holzes nimmt im allgemeinen von der Stammbasis gegen den Gipfel ab, es beträgt nach v. Seckendorff im frischen Zustande 0,909—1,123, im lufttrocknen 0,62—0,71, im Mittel 0,67 (30).

Die Schwarzkiefer erreicht ein hohes Alter, die älteste von v. Seckendorff untersuchte war über 584 Jahre alt.

Die Blühbarkeit tritt an frei stehenden Bäumen im 15.—20., im Bestande etwa mit dem 30. Lebensjahr ein, und alle 2—3 Jahre ist ein Samenjahr. Das Blühen erfolgt im Mai, ungefähr 10—14 Tage später als bei *P. silvestris*, mit welcher die Blütenverhältnisse eine grosse Übereinstimmung zeigen. Zwitterblüten sind von Th. Bail[2]) beobachtet worden. Die männlichen Blüten stehen zu 3—10 und mehr an der unteren Hälfte eines diesjährigen Zweiges, der sich später aus der Mitte des Blütenstandes hervorstreckt und in seiner oberen Hälfte Kurztriebe mit Nadelpaaren entfaltet. Die Blüten sind von lebhaft gelber Farbe, stehen ziemlich aufgerichtet und haben eine bedeutendere Grösse und einen längeren Stiel, als die von *P. silvestris;* sie sind zylindrisch, ca. 25 mm lang. Die nach $^5/_{13}$ gestellten Staubblätter rücken während des Blühens durch Streckung der Blütenachse beträchtlich auseinander, der aufrechte grosse, fein gezähnelte Konnektiv-Kamm ist purpurn schattiert. Die weiblichen Blüten stehen einzeln oder zu mehreren an der Spitze der jungen Zweige, sind sehr kurz gestielt und lebhaft rot gefärbt; die an der Spitze mit einem kegelförmigen Fortsatz versehenen Fruchtschuppen stehen nach $^5/_{13}$-Stellung (224, 17). Nördlinger (150) beobachtete, dass zum ersten mal blühende Bäume nur weibliche Blüten und später taube Zapfen trugen.

Nach der Bestäubung färben sich die jungen Zapfen blauviolett und bleiben aufrecht, seltener nehmen sie eine abstehende, horizontale oder abwärts geneigte Stellung ein; die Befruchtung erfolgt erst ein Jahr nach dem Blühen. Die im Herbst des zweiten Jahres reifenden Zapfen sind sehr kurz gestielt, von einer länglich-eiförmigen oder ei-kegelförmigen Gestalt, braungelber Farbe und bis 7 cm lang; im Frühling oder Sommer des 3. Jahres öffnen sich ihre Schuppen, um die Samen ausfliegen zu lassen, worauf die Zapfen abfallen. Die Samen sind 5—7 mm lang, grau und braun gefleckt und mit einem braunen, bis 25 mm langen, 5—6 mm breiten Flügel versehen; sie haben ein Gewicht von 16—19 mgr. und dürften deshalb wohl eine geringere Verbreitungsfähigkeit besitzen als die Samen der gemeinen Kiefer. Nach Jahne[3]) enthalten frische Samen 9,66 % Wasser, 28,62 % Ätherextrakt, 26,45 % Rohfaser, 16,95 % Proteïn, 2,76 % Asche, 15,56 % Harze und stickstofffreie Extraktstoffe. Der Embryo ist weiss oder lichtgelb gefärbt und trägt 5—7 Kotyledonen.

Von Delpino[4]) wurde die Beobachtung gemacht, dass isolierte Bäume immer steril waren, zwar reiften die Zapfen und die Samenschalen sehr gut aus,

---

[1]) Mitteilungen aus d. forstl. Versuchswesen Österreichs. Heft 15. 1878.

[2]) Verhandl. d. Naturf. Gesellsch. Danzig. N. F. Bd. 2. 1869.

[3]) Centralblatt f. das ges. Forstwesen. Bd. 7, 1881, S. 364.

[4]) Note ed osservazioni botaniche. Decuria seconda. 1890, p. 5.

aher die Samen enthielten keinen Embryo; dies würde auf Unwirksamkeit der Bestäubung mit Pollen von demselben Individuum schliessen lassen.

Die Schwarzkiefer lässt sich leicht auf die gemeine Kiefer pfropfen und auch ihrerseits sich als Unterlage für verwandte Arten verwenden.[1])

8. Pinus pinaster Sol., Seestrands-Kiefer. (Bearbeitet von Kirchner).

Trotz ihrer grossen Ähnlichkeit mit der Schwarzkiefer in morphologischer und entwickelungsgeschichtlicher Hinsicht zeigt die Seestrandskiefer manche ökologische Eigentümlichkeiten, durch welche ihre andersartige geographische Verbreitung und ihr Vorkommen an andern Standorten sich erklären.

Sie bedarf zu ihrer Entwicklung grösserer Wärme, ist gegen niedere Temperaturen empfindlicher als die Schwarzkiefer, und macht an die Beleuchtung eben so hohe Ansprüche wie *Pinus silvestris;* daher verlangt sie ein Klima, in dem die mittlere Jahrestemperatur nicht unter + 12°, die mittlere Wintertemperatur nicht unter + 6° C sinkt. Selbst in ihrem natürlichen Verbreitungsbezirk ist sie gegen Winterfrost sehr empfindlich und kann in kalten Wintern ganz zu Grunde gehen (150). Sie ist ferner psammophil, beansprucht unter günstigen Verhältnissen wenig Bodenfeuchtigkeit und gedeiht noch auf einem oberflächlich dürren und sterilen Sandboden, wenn derselbe nur tiefgründig und im Untergrund einigermassen feucht ist. Ungemein rasch entwickelt sie sich im feuchtwarmen Seeklima und auf dem lockeren Kieselsandboden der Gascogne[2]). Daher eignet sich diese Kiefer wie keine andere Nadelholzart zur Aufforstung der Sandflächen und der Sanddünen an den Küsten des Mittelmeeres und der innerhalb der wärmeren gemässigten Zone gelegenen Gestade des atlantischen Ozeans (224). Den Namen Seestrandskiefer führt sie übrigens mit geringerem Recht als die nahe verwandte *P. halepensis* Mill., da sie durch den Salzgehalt des in der Luft zerstäubenden Seewassers in der Nähe der Küste an ihren Nadeln geschädigt wird[3]) und eingeht, wo ihre Wurzeln vom Meerwasser bespült werden (150). Besser als auf Meeressand gedeiht die Seestrandskiefer auf einem tiefgründigen Verwitterungs- oder zerklüfteten Gesteinsboden von Sandstein. Grauwacke, Granit und andern Silikatgesteinen, weniger gut auf Kalk und Dolomit (224). Nach den Ergebnissen der Untersuchungen von F. Fliche und L. Grandeau[4]) muss man den Baum im Gegensatz zur Schwarzkiefer gradezu als kalkfliehend bezeichnen, denn diese Forscher fanden, dass er (in der Champagne) unter sonst sehr ähnlichen Bedingungen nur auf Ton, sandigem Ton oder Sand mit einem Kalkgehalt von 0,35 % im Obergrund und 0,20 % im Untergrund ein gutes Gedeihen zeigt, auf einem Gemenge von Kreidekalk und tertiärem Boden nur höchst kümmerlich und auf dem blossen Kreidekalk gar nicht fortkommt. In der Asche gut gewachsener Pflanzen, die 1,32 % der Trockensubstanz betrug, wurden 0,12 % Phosphorsäure, 0,26 % Magnesia, 0,53 % Kalk, 0,21 % Kali festgestellt, und aus dem Umstande, dass auf ungünstigem Boden gewachsene Exemplare viel mehr Kalk und viel weniger Kali enthielten, ziehen Fliche und Grandeau den Schluss, dass der hohe Kalkgehalt des Bodens die Aufnahme des an sich in genügender Menge vorhandenen Kali und damit die Produktion der Kohlehydrate beeinträchtige.

In unser Gebiet reicht die Seestrandskiefer nur auf der Quarnero-Insel Lussin herein, im übrigen bildet sie in der immergrünen Region des Mittelmeer-

[1]) Teichert, O. in Lebl's Illustr. Gartenzeitung. Bd. 25. 1881. S. 35.

[2]) A. Engler in Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen. Bd. 53. 1902. Nr. 5—7.

[3]) L. Anderlind in Forstl.-naturwiss. Zeitschrift. Bd. 6. 1897. S. 247.

[4]) Annales de chimie et de physique. 1873. p. 383.

gebietes Bestände und hat hier im Westen ihre hauptsächlichste Verbreitung. Sie erstreckt sich von Portugal bis Griechenland, von Dalmatien im Norden bis Sizilien und Algier im Süden, und steigt in Spanien bis 1300, auf Korsika bis 1000 m auf (224). Angebaut findet sie sich besonders im südwestlichen Frankreich, wo sie in den Landes Wälder von ungeheurer Ausdehnung bildet, und gedeiht noch im südlichen England und selbst an der Küste des südlichen Norwegen; hie und da ist sie auch in Süddeutschland und in Österreich angepflanzt worden, doch hat man wegen ihrer grossen Frostempfindlichkeit im allgemeinen keine guten Erfahrungen damit gemacht (30).

In den lichten Wäldern der Seestrandskiefer in den Landes entwickelt sich gern der junge, aus dem Samenabflug hervorgegangene Aufwuchs oder ein dichtes Unterholz von *Ulex europaeus, Sarothamnus vulgaris, Erica arborea, E. cinerea, E. ciliaris, E. vagans, E. scoparia, Calluna vulgaris, Juniperus communis, Pteridium aquilinum, Quercus humilis.* [1])

Die Keimfähigkeit der Samen beträgt durchschnittlich 59 %, die Keimung und erste Entwickelung verläuft wie bei *P. nigra;* die 7—9 Kotyledonen sind gegen 30 mm lang, von mattgrüner Farbe, ganz glatt, die Primärblätter haben dieselbe Farbe und sind an beiden Kanten deutlich gesägt (186). In den ersten Lebensjahren entwickelt die sehr raschwüchsige Pflanze an den Stamm- und Zweigtrieben fast ausschliesslich Primärblätter, die Bildung von zweinadeligen Kurztrieben scheint wie die von Quirlästen gewöhnlich im 3. Jahr zu beginnen. Auf günstigen Standorten erreichen einjährige Pflanzen bereits eine Höhe von ca. 30 cm, im Alter von 10 Jahren werden sie 3—4, im Alter von 20 Jahren 8—10 m hoch, und im 60.—80. Jahre erreichen sie eine Höhe von 20—25 m bei 40—60 cm Stammstärke. Dagegen sinkt die Wachstumsenergie frühzeitig, im ganzen erreicht der Baum eine Höhe von mehr als 30 m bei einem Stammumfang von 4—5 m. Der Stamm ist meistens schlank säulenförmig, die Krone auch an alten Bäumen gewöhnlich von einem regelmässigen Bau und pyramidaler, sich wenig abwölbender Form, dichter und dunkler, als bei der Schwarzkiefer (30, 224).

Die Bewurzelung ist stark und besteht aus einer tiefgehenden Pfahlwurzel mit vielen, teils tief eindringenden, teils oberflächlich verlaufenden Seitenwurzeln. Von der Ausbildung dieses Wurzelsystems hängt das Gedeihen und die Schnellwüchsigkeit des Baumes hauptsächlich ab, bei Tiefgründigkeit des Bodens nimmt er desshalb fast mit jeder Unterlage vorlieb, wenn sich aber die Pfahlwurzel nicht entwickeln kann, so leidet er, zumal bei durchnässtem Boden, sehr unter dem Winde[2]). Ektotrophe Mykorrhizenbildung ist zuerst von Frank[3]) bemerkt worden, eine solche, an der sich weisse Mycelstränge sehr reichlich beteiligten, hat v. Tubeuf[4]) an jungen Pflanzen auf gedüngtem Boden beobachtet; zugleich konnte er zeigen, dass eine frühere Angabe von Frank (a. a. O.) über das Vorkommen abweichender, wurzelhaarartiger Mykorrhizen auf einem Irrtum beruhte.

Die zu 2, bei jungen Pflanzen manchmal zu 3 an den Kurztrieben stehenden Nadeln sind 12—20, bisweilen bis 25 mm lang, gegen 3 mm dick und etwas gedreht, ihre Niederblattscheiden sind 12 mm lang, anfangs weisslich, später bräunlichgrau gefärbt, die Schuppenblätter selbst sind von einem zarten Bau. Die Nadeln stimmen in anatomischer Hinsicht ganz mit denen der Schwarzkiefer überein, nur sind an den beiden Gefässbündeln Sklerenchymfasern an deren oberer Seite sowie zwischen ihnen angeordnet, während sie bei *P. nigra* ent-

[1]) Engler a. a. O.

[2]) De Béhague in Comptes rendus de l'Acad. d. sc. t. 78. 1874. p. 573.

[3]) Berichte der Deutschen Bot. Ges. Bd. 5. 1887. S. 399.

[4]) Arbeiten aus der Biologischen Abteilung am Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd 2. 1901. S. 366.

weder ganz fehlen oder an der Unterseite der Gefässbündel liegen[1]); das Assimilationsgewebe besteht nach W. Zang[2]) jederseits nur aus 2 Schichten von regelmässigen, mit grossen, radial stehenden Falten versehenen Armpalissadenzellen. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt 3—4 Jahre; sie stehen dicht am Ende der Zweige angeordnet, deren unterer Teil nur mit Schuppen besetzt ist.

Die Winterknospen sind dick walzenförmig, können 3—5 cm lang werden, und haben eine braune Farbe; ihre Schuppen sind rotbraun, an der Spitze zurückgekrümmt, und bilden eine feste, 4schichtige Hülle. Am Rande sind die Knospenschuppen mit weissen, ineinander verwebten Fransen versehen, im mittleren Teile stark verkorkt; Harzschichten sind nur zwischen den Schuppen abgelagert, sodass die Knospen aussen harzfrei erscheinen (30, 59). Bei der Entwickelung der Knospen kommt Prolepsis, wenigstens an jüngeren Exemplaren, häufig vor, indem auf einen vorläufigen Knospenschluss im Sommer ein bis in den Herbst andauerndes und erst im Winter zurückgehaltenes Austreiben folgt, welches jedoch ein langsameres Wachstum als an den Frühjahrsschossen erkennen lässt (30).

Mit Beginn der ersten Peridermbildung, welche wie bei *P. silvestris* zu stande kommt (53), nehmen die Zweige eine matt rothraune Färbung an, später werden die Korkschichten grau und schon frühzeitig entsteht eine dicke, grobschuppige, inwendig rotbraun gefärbte Borke, welche im Alter tief längsrissig und von dunkel graubrauner Färbung ist. Die Rinde enthält nach Crouzel[3]) ca. 20 % Tannin.

Das Holz zeigt breite Jahresringe und ist sehr harzreich, grobfaserig, aber wenig zähe, das Kernholz hat eine rotbraune Farbe; das spez. Trockengewicht des Holzes beträgt 0,52—0,77, im Mittel 0,64 (30). Der Harzbalsam der Seestrandskiefer, sog. Bordeaux-Terpentin, enthält nach Tschirch und Brüning[4]) freie Harzsäuren, nämlich Pimarsäure $C_{14}H_{22}O_2$, l-Pimarsäure $C_{20}H_{30}O_2$, 2 α- und β-Pimarolsäure $C_{18}H_{26}O_2$, ferner Resen, ätherisches Öl, Spuren von Bernsteinsäure, etwas Bitterstoff, Farbstoff und Wasser.

Der Baum kann ein Alter von mehreren hundert Jahren erreichen (224).

Er wird oft schon im 10.—15. Lebensjahr blühbar, in einzelnen Fällen sind sogar an den Nachschossen 5jähriger Pflanzen weibliche Blüten beobachtet worden (30); doch bleiben in diesem frühen Alter die Zapfen taub (150). Die Blütezeit ist etwa 14 Tage später als bei *P. silvestris* und fällt in den April oder Mai.

Mit der letztgenannten Art zeigt die Seestrandskiefer im Bau und in der Bestäubungseinrichtung so viel Ähnlichkeit, dass hier nur die geringfügigen Unterschiede angegeben zu werden brauchen. Die gedrängt und zahlreich beisammen stehenden männlichen Blüten sind bis 20 mm lang, von eiförmiger Gestalt und goldgelber Farbe, ihre Antheren tragen einen grossen, aufgerichteten rundlichen, unregelmässig gezähnten rötlichen Konnektivkamm. Die weiblichen Blüten sind gestielt, 10—15 mm lang, violettrot, einzeln oder zu 2—8 und noch zahlreicher quirlförmig an den Triebspitzen angeordnet, nicht selten dicht am Stamm oder auch an den unteren Ästen (224, 30). Ihr mit dem von *P. silvestris* im wesentlichen übereinstimmender Bau ist von F. Delpino (32) ausführlich beschrieben worden. Die Bildung von Zwitterblüten wurde von Goebel (55) an einem wahrscheinlich zu *P. pinaster* gehörenden Baum (am Busen von Salerno) beobachtet; hunderte von männlichen Blüten, welche gegen

---

[1]) Koehne, E. Deutsche Dendrologie. Stuttgart. 1893. S. 38.
[2]) Die Anatomie der Kiefernadel. Dissert. Giessen 1904.
[3]) Botan. Jahresbericht. Bd. 20. Abt. 2. 1892. S. 401.
[4]) Archiv der Pharmacie. Bd. 238. 1900. S. 630.

die Zweigenden hin angeordnet waren, zeigten an ihrem Gipfel Übergänge in weibliche.

Im ersten Jahre haben die Zapfen eine rundlich-ovale Form, später werden sie länglich-kegelförmig, an der Oberfläche glänzend braun und wie lackiert, an der Spitze fast immer schwach gekrümmt. Zur Reifezeit, welche im Spätherbst des 2. Jahres eintritt, sind sie 15—20 cm lang, 5—12 cm dick, von einer länglich- bis breit-ovalen Gestalt. Wenn sich die Schuppen im Winter des 2. oder im Frühling des 3. Jahres öffnen, so sehen ihre Apophysen mattbraun oder unansehnlich graubraun aus. Die kurz gestielten Zapfen sind in der Regel schräg nach abwärts gerichtet[1]).

Die ovalen, oben abgestutzten Samen sind 8—10 mm lang, oberseits glänzend schwarz, unterseits mattgrau mit schwarzen Punkten; ihr Flügel ist gross, bis 40 mm lang, mit einem geraden verstärkten Innenrand und bogig verlaufendem Aussenrand, hellbraun, violett gestreift; der Embryo hat 7—9 Kotyledonen (186). Das Gewicht der Samen beträgt im entflügelten Zustande 45—50 mgr (30). Die älteren Bäume pflegen sehr fruchtbar zu sein, auf Korsika sah sie Rikli (a. a. O.) mit Zapfen aller Altersstufen oft förmlich überladen.

9. Pinus cembra L., Arve. (Bearbeitet von Rikli und Kirchner).

Die Arve[2]), im ostalpinen Gebiet allgemein als Zirbe oder Zirbelkiefer bezeichnet, ist ein symbiotropher, immergrüner Baum des Hochgebirges und der Tiefebenen des subarktischen Eurasiens. Er wird selten über 18 m[3]) hoch; Kerner (95) gibt als Maximalhöhe 22,7 m an. Mehr als durch seine Höhe wirkt der ausgewachsene Baum durch die charaktervolle, scharf individualisierte Gesamterscheinung, in der sich der Einfluss der den Winden und dem Wetter ausgesetzten Hochgebirgslagen wiederspiegelt. So gilt die Arve mit Recht als das Urbild des widerstandsfähigsten Baumtypus und als die eigentliche Königin des Alpenwaldes (Fig. 121). Als grösster Stammdurchmesser wurde (95) 1,7 m beobachtet. Das Verhältnis der grössten Stammhöhe zur grössten Stammdicke beträgt somit 13,32, eine Zahl, die von allen unsern übrigen Waldbäumen bedeutend übertroffen wird, und z. B. bei der Hainbuche 20, Rotbuche 22, Weisstanne 25, Fichte 30, Lärche 33,56 und Kiefer sogar 48 beträgt. In dieser niederen Verhältniszahl kommt der gedrungene Wuchs der Arve deutlich zum Ausdruck; nur die Eibe (mit 3,26) übertrifft die Arve in dieser Hinsicht noch erheblich. Der Baum wird durchschnittlich 350 bis 400 Jahre alt, erreicht aber unter besonders günstigen Umständen ein Alter von 700 oder sogar 800 Jahren, allerdings wohl nur als stehende Baumleiche[4]).

Im Alpengebiet findet sich die Arve auf den verschiedensten geognostischen Unterlagen. Coaz[5]) erwähnt, dass der über 70 ha grosse reine Arvenwald von Tamangur im Scarltal (Unter-Engadin) von den unteren nach den oberen Lagen auf Gneiss, Casannaschiefer und Verrucanokonglomerat stockt; ein Unterschied im allgemeinen Charakter des Waldes lässt sich nach diesen verschiedenen Unterlagen jedoch nicht erkennen. In den Nord- und Südalpen findet sich der Baum

[1]) M. Rikli, Botanische Reisestudien auf einer Frühlingsfahrt durch Korsika. Zürich 1903. S. 96.

[2]) Wo der Baum nicht vorkommt, bezeichnet das Wort Arve auch die Legföhre oder Arle, *Pinus montana* Mill.; s. Brandstetter, T. L., Die Namen der Bäume und Sträucher in Ortsnamen der deutschen Schweiz. Luzern 1902. S. 54.

[3]) Landolt, E. Der Wald. 4. Aufl. 1895, S. 122.

[4]) Buser, O. Über das Auftreten der Arve in der Ostschweiz. Bericht der St. Gallischen naturwiss. Gesellsch. 1896/97. (1898.) S. 81.

[5]) Coaz, J., in Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. Bd. 53. 1902. S. 4 f.



Fig. 124. Arven am Weg von Findelen zum Riffelhaus, Zermatt. ca. 1900 m.
(Photogr. Verlag Wehrli A. G., Kilchberg-Zürich).

sehr oft auf Kalk, so z. B. am Portail de Fully, an der Dent de Morcles (19) oder selbst auf verwittertem Dolomitkalk, wie im Grödental Südtirols[1]), und im Curfirstengebiet (Kanton St. Gallen) ist der einzige ausgedehntere Bestand des Baumes sogar auf einem alten, zugedeckten Karrenfeld angesiedelt[2]). So scheint der Baum gegen die chemische Beschaffenheit seiner Unterlage ziemlich indifferent zu sein.

Obwohl die Zirbe somit an keine bestimmte Bodenart gebunden ist, so sagt ihr doch ein gewisser Gehalt an Tonerde besonders zu. Jedenfalls begegnen wir in den Ton- und Glimmerschiefergebieten der mittleren Alpenzone den dichtesten und ausgedehntesten Beständen dieser Banmart, und auch in den Kalkalpen sucht sie mit Vorliebe solche Stellen auf, wo die Bodenkrume wenigstens einige Prozent dieser Bestandteile beigemengt enthält. Diese Bevorzugung toniger Böden ist wohl auf die stetige, gleichmässige Bodenfeuchtigkeit dieser Standorte zurückzuführen, denn Feuchtigkeit ist dem Baume erstes Bedürfnis[3]).

Klimatisch muss die Arve als Baumtypus eines sehr kontinentalen Klimas bezeichnet werden; sie verlangt zu ihrem Gedeihen starke Kontraste, Fröste und grosse Winterkälte schaden ihr nicht. Nach Kerner (95) gedeiht sie noch in Gegenden, wo die Temperatur alljährlich wochenlang — 20° C erreicht. Das Hauptarvengebiet der Schweiz, das Oberengadin hat folgende Januarmittel: Sils — 8,48° C, Bevers — 10,45° C, und Hann[4]) gibt für das Mündungsgebiet der Lena eine mittlere Januartemperatur von — 36,9° C, für Werchojansk sogar eine solche von — 51,2° C an. Die jährliche Unterbrechung der Vegetation dauert 7—9 Monate. Während der kurzen Vegetationsperiode ist das Arvengebiet aber anderseits überall durch verhältnismässig hohe sommerliche Temperaturen ausgezeichnet. An der Lena unter 62° n. Br. fällt während des Polarsommers kein Monatsmittel unter + 14,5° C und der wärmste Monat hat + 20,4° C. Die mittlere Julitemperatur von Sils Maria im Oberengadin ist noch 11,2° C und diejenige von Pontresina 10,7° C. Welch mächtiger Wärmereiz nach so intensiver, lang andauernder Kälte! (19.) Die grosse Wärmereizwirkung des alpinen Klimas gelangt übrigens in den obigen mittleren Monatstemperaturen nicht so recht zum Ausdruck, weil die Nächte in diesen Hochtälern auch im Hochsommer recht kühl sind, sodass über Mittag viel höhere Temperaturen erreicht werden. Kerner[5]) kommt zum Ergebnis, dass die Zirbe noch bei der ausserordentlich geringen jährlichen Summe von 875° C zu gedeihen vermag, erst beim Herabsinken dieser jährlichen Wärmesumme auf 810° C findet sie ihre obere Grenze; sie gedeiht selbst noch in Höhen, deren mittlere Jahrestemperatur unter 0° liegt, und kann schon in $2^1/_2$ Monaten ihren jährlichen Lebenscyklus abschliessen, ja sogar mit einer frostfreien Periode von nur 67 Tagen vermag sie noch auszukommen[6]).

Nach freundlicher Mitteilung der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt betragen die mittleren Sommer-, Juli- und Jahrestemperaturen an der zu 2250 m angenommenen Arvengrenze, für das

[1]) Woditschka, A. Die Zirbe und ihre Kultur. Österr. Forst- und Jagdzeitung. 1900. S. 5 d. Sep.-A.

[2]) Baumgartner, G. Das Curfirstengebiet in seinen pflanzengeographischen und wirtschaftl. Verhältnissen. St. Gallen 1901. S. 52.

[3]) Simony, F. Die Zirbe. Jahrb. d. österr. Alpenvereins. 1870. S. 349—359.

[4]) Hann, J. Handbuch d. Klimatologie. Bd. 3 (1897). S. 515 und 218.

[5]) Studien über die oberen Grenzen der Holzpflanzen in den österreichischen Alpen. Österr. Revue. Bd. 2. 1864. S. 196—204. Bd. 3. 1865. S. 188—205.

[6]) Reishauer, H. Höhengrenzen der Vegetation in den Stubaieralpen und in der Adamellogruppe. Ver. f. Erdkunde zu Leipzig. Bd. 6. 1904.

	a) Oberengadin:	b) Nikolaital:
mittlere Sommertemperatur	8,7° C	8,5° C
„ Julitemperatur	9,6° C	9,8° C
„ Jahrestemperatur	0,1° C	0,4° C

Diese Daten wurden durch Interpolation aus den Beobachtungen der nächst gelegenen meteorologischen Stationen von St. Moritz und Grächen berechnet.

Dagegen ist das Bedürfnis der Arve nach Feuchtigkeit sehr gross. Bei auf nackten Kalkfelsen angesiedelten Arven hat der Mangel an Feuchtigkeit immer eine starke Verzögerung des Wachstums zur Folge, zudem bleiben die Bäume klein und schmächtig. Simony[1]) verglich zwei Stammstücke von 3 ½ Zoll Durchmesser, und fand an dem einen, welches auf zerklüftetem Kalkfelsen des Dachsteinplateaus gewachsen war, 118 Jahresringe, an dem andern, welches von einem nach Norden exponierten Glimmerschieferabhang im Preneggtal (westl. von Schladming) stammte, nur 65 Jahresringe. Zum Erreichen der gleichen Stammesstärke hat mithin das auf dem trockenen Kalk gewachsene Exemplar beinahe doppelt (1,84) so viel Zeit gebraucht, als das Exemplar aus dem Glimmerschiefergebiet. F. Seeland[2]) erwähnt einen Arvenstamm aus der Gössnitz in der Nähe des Gross-Glockner bei ca. 1800 m, dessen Scheibe einen kleinsten Durchmesser von 73 cm und einen grössten Durchmesser von 82 cm zeigte; die Zählung ergab 296 Jahresringe, mithin einen mittleren Jahreszuwachs von nur 1,3 mm.

Die Bodenfeuchtigkeit kann aber auch durch die Luftfeuchtigkeit ersetzt werden. Die SW- und N-Gehänge werden aus diesem Grunde von der Arve bevorzugt. Der reichlichere Wasserdampfgehalt der Luft in der Nähe der Gletscher veranlasst die Bäume, bis in unmittelbare Gletschernähe vorzustossen; überhaupt sagen ihr häufige Nebelbildung und reichliche Niederschläge entschieden zu.

Aus den geschilderten klimatischen und edaphischen Anforderungen der Arve ergeben sich ihre Standortsansprüche. In den Alpen ist sie der Charakterbaum der oberen Wald- und Baumgrenze. Wenn sie auch gelegentlich in Felsschutt und Felsspalten oder auf flachgründigen Abhängen auftritt, so bevorzugt sie doch andauernd feucht gehaltenen, tiefmoosigen Humusboden[3]), wie er in dieser Höhenlage fast nur auf Waldboden oder ehemaligem Waldboden anzutreffen ist. Selbst auf Sumpfboden, wie z. B. an versumpften Ufern von Gebirgsseen, gedeiht die Arve noch ganz gut. Solche Vorkommnisse finden sich z. B. am Südufer des St. Moritzer Sees; Lechner[4]) schildert die düstre Wildnis des Lago di Bitabergo im Murettotal, dessen buchtige Ufer von stattlichen Arven umgeben sind. Im Ural und in Sibirien gedeiht der Baum auf Mooren und auf stets durchfeuchtetem Sand am besten[3]). Auch seine Vorliebe für Nord- und Nordwestlagen dürfte mit diesem Feuchtigkeitsbedürfnis in Zusammenhang zu bringen sein. Noch mehr als beim ausgewachsenen Baum ist dies bei jungen Pflanzen der Fall. Zu ihrem Emporkommen ist ein gleichmässig feuchter Lehmboden oder eine zusammenhängende wasserhaltende Moosdecke besonders günstig; daher erklärt sich auch, dass der Nachwuchs im Kalkgebirge oder in flachgründigen Hochlagen besonders gefährdet ist und in derartigen Gebieten die Arve den stärksten Rückgang ihres Verbreitungsareals zu verzeichnen hat. Grössere Arvenkolonien sind in den

[1]) A. a. O.
[2]) Die Zirbelkiefer aus der Gössnitz. Carinthia, Bd. 73. 1883, S. 60 f.
[3]) Kerner a. a. O.
[4]) Das Thal Bergell. 1874.

Kalkalpen auf die feuchten moosigen Mulden und Kare und auf die mit tiefem Lehm überkleideten Terrassen und Plateaus beschränkt.

Gräte, Felsenvorsprünge, Hochplateaus, überhaupt windoffene Lagen werden von der Arve bevorzugt, ganz besonders im Gebiete der oberen Kampfzone des Baumes; in solchen windgepeitschten Lagen gelangt sie im hohen Alter zu besonders charaktervoller Gestaltung. Beachtenswert sind auch noch die engen Beziehungen der Arvenverbeitung zur Gletscherverbreitung, sie sind wohl darauf zurückzuführen, dass beide an Massenerhebungen gebunden sind. Wohl findet in der Nähe von Eis- und Schneeanhäufungen regelmässig eine kleine lokale Depression der oberen Arvengrenze statt, aber kein Baum vermag gleich diesem in nächster

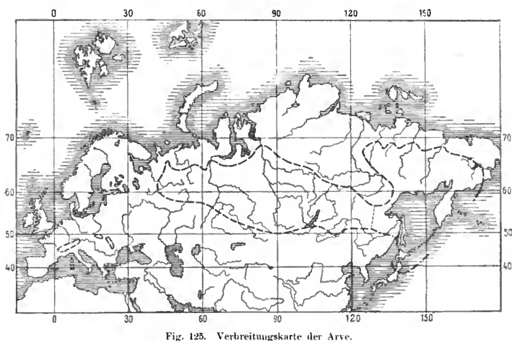


Fig. 125. Verbreitungskarte der Arve.
— — — Gesamtgrenze. - - Mutmassliche Grenze zwischen der westlichen Baum- und der östlichen Straucharve.

Nähe des ewigen Eises noch so freudig zu grünen, zu gedeihen und die Früchte auszureifen[1]).

Sowohl in den Alpen wie in den Karpathen kommt der Baum nur auf besseren Böden zur vollen Entwicklung, und auch Ebermayer (18) betont, dass die Arve nächst der Weisstanne zu den anspruchsvollsten Coniferen gehört. Sendtner[2]) fand im Boden der Schachenalpe bei Partenkirchen, auf dem sehr schöne Arvenwälder stocken: organische Bestandteile und Wasser 36,44 %, Kieselerde und Silikate 37,37 %, Eisenoxyd und Tonerde 10,94 %, kohlensauren Kalk 11,38 %, kohlensaure Magnesia 1,13 %.

[1]) Kerner a. a. O.

[2]) Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. 1854. S. 336.

Die Arve besitzt zwei grosse Verbreitungsareale (Fig. 125). 1. Das nordisch-eurasische Gebiet[1]) umfasst das nordöstliche Russland und Sibirien. Unter Berücksichtigung des Areals der Zwerg- oder Legarve verläuft die Südgrenze in den Gebirgen des Altaisystems und die Ostgrenze von Kamtschaka über Sachalin bis ins nördliche Japan. An der polaren Waldgrenze erscheint die Arve jedoch nur als Zwerg- oder Straucharve (*Pinus cembra* L. *c. pumila* Regel) und zwar nur in der tschuktschischen Provinz, östlich vom Werchojansker Meridiangebirge[2]). Die polare Baumgrenze erreicht die wohl eher als eigene Art aufzufassende Straucharve übrigens nur an der unteren Kolyma bei 68° 30′ n. Br. und etwa noch am linken Ufer des Anadyr bei 65° n. Br. In Nordosteuropa erreicht der Baum im Timanhöhenzug seine Westgrenze. Durch die Gouvernements Wologda, Wjätka und Perm ist er bis ins Quellgebiet der Waga (61° n. Br.), des grössten südlichen Nebenflusses der Dwina, verbreitet. Auch im Gebiet der oberen Petschora ist die Arve bei 65° n. Br. noch reichlich vertreten; sie ist hier ein Baum der Tiefebene, ohne jedoch je in Nordeuropa die polare Baumgrenze zu erreichen. Auch im mittleren und nördlichen Ural ist die Arve ein sehr verbreiteter Waldbaum. Den Ob überschreitet ihre Nordgrenze unter dem 66.° n. Br., den Jenissei bei 68° n. Br., die Lena bereits bei 60° n. Br. und den Aldan sogar schon bei 56° n. Br.; in Westsibirien kommt die Zirbe der Baumgrenze mithin im Mündungsgebiet von Ob und Jenissei am nächsten. Durch Mittelsibirien weit verbreitet, ist sie in Südsibirien (Alatau, Altai, Sajan), wie in Europa, nur noch als Gebirgsbaum bekannt. In Westsibirien durchschneidet die südliche Verbreitungsgrenze der Zirbelkiefer im Kreise Turinsk die Tura unter 58° 5′ n. Br.[3]), sodass hier der Arvengürtel eine Breite von 8—10 Breitegraden umfasst. In Ostasien ist nach Guse[4]) die Arve im Amurgebiet südlich vom Jablonoi- und Stanovoigebirge verbreitet und nach Potanin[5]) soll sie sogar noch in der nördlichen Mongolei vorkommen; so wächst sie nach Aussage der Eingeborenen noch an den Nordabhängen des Hang-hoi und des Chan-Chuchi, zweier Bergrücken südlich vom Tess.

2. Das alpin-karpathische Gebiet. Gegenüber dem ausserordentlich ausgedehnten nordischen Verbreitungszentrum der Arve ist das alpin-karpatische Vorkommen eigentlich recht unbedeutend, um so mehr, da es sich um ein ausserordentlich zerrissenes Areal handelt. In den Alpen gehört die Arve hauptsächlich der krystallinischen Zentralzone und den Ostalpen an, doch tritt sie bereits in den nördlichen Seealpen[6]), in der Dauphiné[7]), in den grajischen Alpen

---

[1]) Köppen, Th. v. Geograph. Verbreitung der Nadelhölzer im europäischen Russland und im Kaukasus. Mém. Acad. des sc. St. Pétersbourg. 1885. (Russisch.) — Deutsch 1889, Buchdruckerei d. kaiserl. Akad. d. Wiss. Petersburg.

[2]) Rikli, M. Versuch einer pflanzengeographischen Gliederung der arktischen Wald- und Baumgrenzen. Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellsch. in Zürich. Bd. 49. 1904. S. 128—142, siehe S. 138.

[3]) Sslowzow, J., nach Botan. Jahresber. Bd. 21, II. 1893, S. 217.

[4]) Guse. Die Wälder des Amurgebietes. Allg. Forst- und Jagdzeitung, Bd. 58. 1882, S. 374.

[5]) Potanin, Reise in die Mongolei. Sitzungsbericht d. k. russischen geogr. Gesellsch. in St. Petersburg vom 17. April 1878; vgl. Petermanns geogr. Mitteilungen. 1878, S. 236.

[6]) Ascherson u. Graebner. Synopsis I, 1896—98, S. 208.

[7]) Perrin, Alb. Distribution générale des plantes en altitude dans les Alpes dauphinoises. Ann. de la soc. des tour. du Dauphiné. 18. 1892/93. S. 299—315.

(Keller[1]) und in der Maurienne[2]) auf. Im Wallis ist sie hauptsächlich auf die südlichen penninischen Täler (H. Jaccard), woselbst sie in den Hochlagen vielfach ausgedehnte Wälder bildet, beschränkt. Dem Tessin fehlt sie fast ganz. Bedeutend geschlossener wird ihr Auftreten in Bünden, nirgends bildet sie in der Schweiz so ausgedehnte Waldungen wie im Engadin. Auf den nördlichen Kalkalpen ist der Baum, obwohl von den Waadtländer- und Freiburgeralpen bis zu den Curfirsten (Baumgartner) und durch die bayerischen Alpen bis ins Salzkammergut (Sendtner) noch ziemlich häufig, doch meist nur sporadisch vertreten. Das stark zerrissene Areal, die meist sehr gelichteten Bestände, der oft spärliche und dürftige Nachwuchs lassen erkennen, dass die Arve in diesen Gebieten einigermassen gefährdet ist. In den Ostalpen folgt die Zirbe dem Zentralzug über die hohen und niederen Tauern bis zum Gamsstein[3]) an der steirischen Grenze in Nieder-Österreich. Es ist dies der nordöstlichste aller Fundorte in den Alpen, denn die Vorkommnisse vom Schneeberg und der Raxalp sind auf angepflanzte Exemplare zurückzuführen. Sehr sporadisch ist das Auftreten in den Südalpen von der Adamellogruppe (nach Reishauer) bis nach Kärnthen (Bleiberg) und Krain (Steineralpen).

In den Karpathen ist die Arve infolge unsinniger Waldverwüstung heute nur noch durch kümmerliche Reste vertreten. Diese Vorkommnisse erstrecken sich jedoch von den Zentralkarpaten (Tatra) bis nach Siebenbürgen und ins Banat (Alp Baiku). Von der hohen Tatra bis zur Waga, dem nächsten Standort des nordischen Areals, d. h. über eine Entfernung von gegen 2000 km, fehlt die Arve ganz. Doch dürfte der Baum nach Drude[4]) einst in der Waldaihöhe vorhanden gewesen sein; viele nordische und alpine Arten haben sich bis heute in diesem Inselgebirge noch zu halten vermocht, sodass demselben eine vermittelnde Rolle zwischen der alpinen und der arktischen Flora zukommt.

Auffallend ist das Zusammentreffen der Hauptareale der alpin-karpatischen Arvenverbreitung mit den Gebieten grösster Massenerhebung (Wallis, Engadin, Ötztalergruppe, Tatra). So zeigt die Arve auch im Alpensystem, wie in ihrem grossen Heimatgebiet, in Nordasien, den Charakter eines Baumes eines ausgesprochen kontinentalen Klimas. Das beinahe vollständige Fehlen der Zirbe im Kanton Tessin ist in diesem ökologischen Verhalten begründet. Die wohl selbst für die Arve zu grosse Feuchtigkeit, die zu geringen klimatischen Gegensätze sagen dem Baum nicht zu. Daran sind wohl nicht nur die südlichere Lage und Exposition, sondern ganz besonders auch die zahlreichen tiefeinschneidenden Talfurchen schuld, welche die Ausbildung eines durch die Massenerhebung bedingten Kontinentalklimas verhindern.

Höhengrenzen:

	Untere Grenze	Obere Grenze	Differenz
Wallis	1500 m (Champex)	2426 m (Ergisalp Tourtmagne)	930 m
Graubünden	1450 m (Canicül, St. Jon b. Schuls)	2400 m (Stilfser Joch und Scarltal)	950 m

[1]) Keller, Vegetationsskizzen aus den grajischen Alpen. 1894. S. 132.

[2]) Chabert, A. Recherches botaniques dans les Alpes de la Maurienne. Bull. de la soc. bot. de France. Bd. 30. 1883. S. 2–19.

[3]) Wettstein, R. v. *Pinus cembra* L. in N.-Österreich. Verh. der zoolog.-bot. Gesellsch. in Wien. Bd. 37. 1887. Sitz.-Ber. S. 52.

[4]) Drude, O. Über die Bedeutung der Waldaihöhe für die Flora von Europa Abhandlungen der naturforsch. Gesellsch. „Isis“ zu Dresden. Jahrg. 1883, S. 55–58

	Untere Grenze	Obere Grenze	Differenz
Freiburger Alpen	1550 m (Oussonaz)	2100 m (Rocher des Bimmis)	550 m
Berner Oberland	1600 m (Alpiglen)	2180 m (Altels)	580 m
St. Galler Oberland	1600 m	2000 m (Gompergalt ob. Flums)	400 m
Churfirsten	1700 m	1950 m (Krüppel der Nordseite)	250 m
Oberbayern	1531 m	1867 m	335 m
Stubaier Alpen		2300 m Schönkaar (Reishauer)	
Adamellogruppe		2260 m (Reishauer)	
Venediger-Grossglocknergruppe		2086 m (Simony)	
Tatra	1295 m	2268 m (Sagorski)	970 m
Altai	850 m	1700 m	850 m

Die Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Standort schwankt mithin von 250—950 m, dazwischen liegt der Arvengürtel. Aus diesen Daten ergibt sich, dass im Gebiet der zentralen Massenerhebungen merkwürdigerweise nicht nur die höchsten, sondern auch die niedrigsten natürlichen Standorte des Baumes vorkommen; d. h. der Arvengürtel nimmt von den Zentralalpen bis zu den vorgeschobensten Kolonien der Nordalpen um 750 m an Breite ab. Aber auch vom Engadin-Stilfserjoch-Gebiet lässt sich feststellen, dass die mittlere obere Arvengrenze auf je einen Meridian östlicher oder westlicher Länge durchschnittlich um ca. 180 m abnimmt und zwar in den Westalpen etwas langsamer als in den Ostalpen[1]). Die Verschiedenheiten in der oberen Vegetationsgrenze der Arve sind z. T. auf Zu- oder Abnahme der Massenerhebung und der Gebirgsgestaltung, teils auf den Einfluss der geographischen Breite zurückzuführen. Kerner[1]) kommt zum Ergebnis, dass die obere Zirbengrenze sich vom nördlichen Randgebiete der Alpen bis zum Zentralkamm auf je 5′ geographischer Breite im Mittel um 194 Wiener Fuss = 62,3 m hebt. Durch Vergleichung entsprechender benachbarter Stationen unter gleicher Breite gelangt er weiter dazu, den Anteil der Massenerhebung auf die Erhöhung der oberen Arvengrenze auf 47,4 m festzustellen.

Über die Beziehungen der oberen Arvengrenze zur Exposition gibt folgende Tabelle Aufschluss[1]).

Mittlere Breite des Zirbengürtels = 1612 Wiener Fuss = 509,4 m.

Die Breite des Zirbengürtels übersteigt das Mittel um				Die Breite des Zirbengürtels ist geringer als das Mittel um			
SW.	NW.	W.	N.	S.	NO.	O.	SO.
+ 174,2	+ 137,8	+ 58,8	+ 13,9	— 13,9	— 104,6	— 110	— 147,9 m
Maximum							Minimum

Die obere und untere Arvengrenze verlaufen somit nicht parallel, der Zirbengürtel zeigt daher an den verschieden exponierten Bergseiten eine ungleiche vertikale Ausdehnung. An den zwischen N. und SW. liegenden Berglehnen ist der Arvengürtel viel breiter als an den zwischen S. und NO. sich abdachenden Gehängen. Am grössten ist der Unterschied zwischen der südwestlichen und der

[1]) Kerner, a. a. O.

südöstlichen Seite; an der ersteren ist die Breite des Arvengürtels (683.6 m) fast doppelt so gross als an der letzteren (361.5 m). In der Südwestlage erweitert sich der Arvengürtel nach aufwärts hauptsächlich in Folge der günstigen Wärmeverhältnisse, nach abwärts dagegen wird die Erweiterung durch günstigere, der Arve zusagende Feuchtigkeitsverhältnisse veranlasst.

Die Arve bildet in den obersten Lagen des alpinen Baumwuchses zuweilen reine oder nahezu reine Bestände, viel häufiger ist sie jedoch mit der Lärche und aufrechten Bergföhre oder mit der Fichte gemischt, und in tieferen Lagen erscheint gelegentlich auch noch der Bergahorn und die Ulme im Arvenwald. Sehr oft tritt sie jedoch nur in kleinen Gruppen oder sogar nur in einzelnen, weit auseinander liegenden Exemplaren, als Zeugen eines früheren geschlosseneren Verbreitungsareals auf. Vielfach ist sie innerhalb grösserer Gebiete nur noch an der oberen Waldgrenze dem Lärchengürtel beigemengt, ohne selbst Bestände zu bilden.

Im dichten Arvenwald verhindern die abgefallenen, harzreichen Nadeln, welche nur schwer verwesen, das Aufkommen einer Bodenflora[1]), doch gehört ein so dichter Bestandesschluss zu den Seltenheiten. Gewöhnlich ist der Arvenwald, besonders in seinen oberen Lagen mehr oder weniger stark gelichtet und beherbergt dann ein reichhaltiges Unterholz. In diesen Lücken siedeln sich mit Vorliebe Nester von Legföhren, Zwergwacholder, Grünerlen und ganz besonders Alpenrosen (*Rhododendron ferrugineum*) an; von den Laubbäumen steigt nur *Sorbus aucuparia* in niedriger strauchiger Form hoch zwischen den stämmigen Nadelhölzern ins Gebirge (**36**). Die von Christ (**19**) aufgeführte Unterflora des Arven- und Lärchenwaldes ist früher (S. 157 f.) erwähnt. Zwischen St. Moritz und Pontresina beobachtete ich (24. Juli 1904) folgende Flora des Arvenwaldes. Östlich gegen den Statzer See, wo die Arve mit Lärche, Fichte und Bergföhre vergesellschaftet ist, bildet ein *Sphagneto-Vaccinietum* mit *Salix arbuscula* und sehr viel *Vaccinium uliginosum* die Bodendecke; im Wald gegen Pontresina sind Arven und Lärchen mit Ausnahme ihrer Wipfel mit den langen schwarzen und grauen Strängen von *Bryopogon jubatum* und *Usnea barbata* dicht behangen, den Boden bedecken Miniaturgärtchen der *Linnaea borealis*, zwischen den Blöcken drängt sich *Rhododendron ferrugineum* hervor, hin und wieder *Sorbus aucuparia, Alnus viridis, Betula pubescens*. Sie bilden mit vereinzelten Exemplaren von *Populus tremula*, *Lonicera caerulea*, *Cotoneaster vulgaris*, *Rosa alpina*, *Juniperus communis* das Unterholz, zwischen welchem Kleinsträucher oft weithin vorherrschen; die *Vaccinium*-Arten, *Arctostaphylos uva ursi*, *Empetrum nigrum* sind besonders reichlich vertreten. Für die eigentliche Begleitflora bleibt wenig Raum übrig: es sind einerseits Humuszeiger, wie *Arnica montana, Melampyrum silvaticum*, das Hungergras *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis Halleriana* in meist sterilen, gelblichgrünen Blattbüscheln, auch *Imperatoria ostruthium*, andererseits Alpenpflanzen wie *Campanula barbata*, *Silene rupestris*, *Anemone sulfurea*, *Trifolium alpinum*, letztere sind jedoch weniger bezeichnend. Zu den charakteristischen Begleitern der Unterflora des Arvenwaldes gehören nach Sendtner (a. a. O.) auch einige Moose, welche oft den Boden mit einem dichten Polster überziehen, vornehmlich *Racomitrium canescens*, *Dicranum elongatum*, *D. Starkii*, *Fissidens osmundoides*; in besonders feuchten Lagen stockt die Arve gelegentlich auf Felsblöcken, die mit dichten *Sphagnum*-Decken überzogen sind.

Im gesamten Verbreitungsgebiet der Arve lässt sich ein starker Rückgang dieses Baumes und infolge davon eine stetige Verkleinerung und Zerstückelung seines Areals nachweisen. Andererseits waren die Arvenaufforstungen der letzten 40 Jahre vom besten Erfolg begleitet und der Abgang bei Anflanzungen in Hoch-

[1]) Buser, a. a. O.

lagen ist meist kleiner als bei Lärche und Fichte (Coaz a. a. O.). Die Tatsachen, aus denen sich eine früher allgemeinere Verbreitung der Arve ergibt, sind folgende:

1. Das fossile und subfossile Vorkommen in interglazialen und postglazialen Ablagerungen in Gebieten, wo der Baum heute nicht mehr vorhanden ist. Sordelli[1]) erwähnt Arvenreste aus dem Moränenamphitheater von Jvrea am Ausgang des Aostatales in die Poebene; nach Fliche[2]) findet sich Arvenholz auch in den Torfmooren in der Umgebung dieser Stadt; Arvenholz ist in den glazialen Tonen bei Lavorgo, bei Giornico (Kant. Tessin) enthalten[1]). Staub[3]) hat in den Schieferkohlen von Freck am Fuss der Fogara in den transsilvanischen Alpen Blätter von *Pinus cembra* nachgewiesen; mit der Arve waren hier vergesellschaftet *Betula nana, Pinus pumilio, Salix myrtilloides, Dryas octopetala.*

2. Strünke von Arven finden sich sehr häufig im heutigen Verbreitungsareal des Baumes noch 100 bis 200 m über der jetzigen oberen Grenze.

3. Arvenholz wird öfter in Torfmooren ausserhalb des jetzigen Verbreitungsgebietes der Arve gefunden. Am Grunde des Torfmoores von Juf im Avers (2160 m) sind wiederholt Holz- und Zweigstücke von *P. cembra* zum Vorschein gekommen[4]); in einem Torflager bei Gurgl im Oetztal wurden schöne Arvenstämme ausgegraben, obwohl dort seit Menschengedenken kein Arvenwald stand[5]).

4. Vorkommen von Namen von Alpen, Berggipfeln, Flüssen u. s. w., die von der Arve abgeleitet sind, in Gebieten, wo der Baum heute kaum mehr vorkommt oder sogar ganz fehlt. Nähere Angaben über diese interessante Frage finden sich bei Brandstetter[6]), Jaccard[7]), Kerner (a. a. O.).

5. Auch mündliche Überlieferungen, geschichtliche Nachrichten und Sagen bezeugen eine früher grössere Verbreitung des Baumes. Die Bewohner vieler Alpengegenden haben für diese Tatsache ein offenes Auge, und darauf bezügliche Beobachtungen werden von Generation zu Generation gewissenhaft überliefert[8]).

Da die Arve bereits in vorhistorischer Zeit an Areal eingebüsst hat, so ist dieser Rückgang wenigstens zum Teil auf natürliche, d. h. wohl klimatische Faktoren zurückzuführen; für das starke Zurückweichen in den letzten Jahrhunderten haben ganz besonders folgende Ursachen wesentlich beigetragen:

1. Waldbrände. Im Bergell wurde durch einen grossen Waldbrand am Anfang des 19. Jahrhunderts die Arve auf der Nordseite des Tales fast ganz ausgerottet (Geiger). Über die fast gänzliche Zerstörung der Zirbenwaldungen in Valle d'Avio in der Adamellogruppe durch Feuer berichtet Reishauer (a. a. O.).

2. Vernichtung der Arvenwälder durch Raubbau. Die übermässige wirtschaftliche Inanspruchnahme der Arvenwaldung ist jedoch auf verschiedene Ursachen zurückzuführen.

a) Auf den gesteigerten Holzbedarf in der Nähe von Bergbaudistrikten — so z. B. am Eingang ins Val Bregalga im oberen Avers (Eblin a. a. O.). Noch

[1]) Sordelli, F. Flora fossilis insubrica. 1896. S. 262.

[2]) Fliche, Etudes paléontologiques sur les tufs quaternaires de Resson. Bull. soc. géol. de France. 3. sér. t. 12. 1883. p. 6—31.

[3]) Pax, F. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. 1898. S. 240.

[4]) Neuweiler, E. Beiträge zur Kenntnis schweizerischer Torfmoore. Dissert. Zürich. 1901. S. 48 und 51.

[5]) Kerner a. a. O.

[6]) Brandstetter, T. Die Namen der Bäume und Sträucher in Ortsnamen der deutschen Schweiz. Luzern 1902. S. 54.

[7]) Jaccard, H. Bull. Murithienne. Fasc. 32, 1903. p. 109—172.

[8]) Vergl. Eblin, B. Über die Waldreste des Averser Obertales. Ber. d. Schweiz. Bot. Gesellsch. 1895. S. 64 ff.

im 18. Jahrhundert sollen in den Salinen von Hallein jährlich 240000 Klafter und in jenen vom Salzkammergut 160000 Klafter Zirbenholz verbrannt worden sein (Kerner a. a. O.). Aus Abbildungen des Schneeberger Bergwerks im ehemaligen Berggerichtshause zu Sterzing und aus einem Votivbild der Knappen dieses Bergwerkes in der Kirche von Moos im Passeier aus dem Jahre 1682 ergibt sich, dass in dieser Gegend, wo jetzt kein einziger hochstämmiger Baum mehr seine Krone erhebt, ausgedehnte Nadelwälder vorhanden waren. Nach Kerner (a. a. O.) bestanden dieselben vorherrschend aus Zirben.

b) Verwendung des Holzes zur Holzschnitzerei und feinen Möbelindustrie. Der altberühmte Schnitzereibezirk des Grödentales in Südtirol muss jährlich bedeutende Mengen Arvenholz einführen, da die spärlichen Überreste der Arvenwaldungen dieses Tales den Bedarf schon lange nicht mehr decken (Woditschka a. a. O.). In den nördlichen Karpatengegenden gibt es Dörfer, wo das Getäfer der Zimmer und viele alte Einrichtungsstücke der Wohnungen aus Zirbenholz bestehen, während weit und breit kaum noch ein einziger Baum zu finden ist. (Simony a. a. O.).

c) Die Vermehrung der Weide auf Kosten der Waldwirtschaft. Ohne Zweifel hat in vielen Gegenden die sinnlose Ausrottung der Hochgebirgswälder durch die Hirten wesentlichen Anteil am Rückgang der Arve. Zur Zeit Wahlenbergs war die Zirbe in den Karpaten weit verbreitet; 1788 berichtet Hacquet noch von den grossen Zirbenwäldern der Rodnaër-Alpen, während jetzt der Baum im Gebiet recht selten geworden ist (Pax a. a. O.).

3. Der ungeregelte Weidgang in den Hochgebirgswaldungen; durch diesen wird der Nachwuchs sehr stark gefährdet; besonders ist der Weidgang des Kleinviehes verderblich. Seitdem der Capetta- und Letziwald im Avers für den Weidgang geschlossen wurde, hat sich auch wieder ein reichlicher Nachwuchs der Arve eingestellt (Eblin a. a. O.).

4. Zahlreiche tierische und pflanzliche Feinde [1]. Eichhörnchen, Mäuse (besonders die Haselmaus, *Myoxus avellanarius*) und der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) stellen den Samen nach. Der Alpenhase (*Lepus variabilis*) schält die Rinde und verursacht so das Absterben junger Bäumchen. Der Auerhahn geht den Knospen, den jungen Trieben und den Keimlingen nach. Viel gefährlicher ist die Arvenmotte (*Ocnerostoma copiosella*), welche die Arvennadeln von der Spitze nach der Basis aushöhlt; dann die beiden Arvenborkenkäfer *Tomicus cembrae* und *T. bistridentatus*, letztere Art schadet unter allen Insekten der Arve am meisten, denn die Rammelkammer greift tief in den Splint ein und bedingt eine Gelbfärbung und Absterben der Kronen. Eine grosse Pflanzenlaus (*Lachnus pinicolus*) saugt die Zweige an und bringt den darüber liegenden Trieb zum Absterben. *Chermes pini* bildet zwischen den Nadelbüscheln Wachsflocken und die Larven der Arvenblattwespe (*Lophyrus elongatulus*) befressen die Nadeln. Auch der graue Lärchenwickler (*Steganoptycha pinicolana*) geht gelegentlich auf die Arve über, indem er die Nadelbüschel zu einer Düte zusammenspinnt; die absterbenden Nadeln nehmen eine fuchsrote Färbung an.

Durch all diese zerstörenden Einflüsse ist die Arve in um so grösserem Masse gefährdet, als der beständige Verlust in Folge des meist spärlichen Nachwuchses und des ausserordentlich langsamen Wachstums des Baumes erst nach Generationen wieder einigermassen ersetzt werden kann. Christ sagt treffend (19), dass wohl „das wehmütige Interesse einer hinschwindenden Naturform“ die Arve für uns besonders anziehend macht. Die fast absolute Formbeständigkeit, die Verzögerung aller Lebensprozesse gehen dem Baum einen ausgesprochenen Reliktencharakter.

[1] Vgl. Keller, C. Forstzoologischer Exkursionsführer. Leipzig u. Wien. 1897.

Die Keimfähigkeit der Arvensamen beträgt bei frischer Ware (nach Schnittprobe) durchschnittlich 74%; Zeit der Ernte und Art der Aufbewahrung beeinflussen sie in hohem Masse; im allgemeinen soll die Keimfähigkeit sich 2—3 Jahre erhalten. In Sibirien keimen gut ausgereifte Samen bei 20° C schon in 6—7 Tagen; wenn man Samen sibirischer Herkunft in einem guten Keller überwintert, so keimen sie im Frühjahr nach Verlauf von 3—4 Wochen nach der Aussaat; im trockenen Zimmer aufbewahrte Samen ergaben im ersten Frühjahr nur ca. 15% Keimlinge[1]). Nach Woditschka (a. a. O.) erfolgt bei der Aussaat in Saatbeeten von Mai bis Juli die Keimung eines kleinen Teiles der Samen, die sog. Früh- oder Vorkeimung; dann keimen keine Samen mehr, und erst im zweiten Frühjahr tritt innerhalb 14 Tagen die Hauptkeimung ein. Rassl[2]) hebt hervor, dass die Keimlinge der Vorkeimung bei weitem nicht dieselbe Dauerhaftigkeit, wie die der Hauptkeimung zeigen. Sehr beeinträchtigt wird die Keimfähigkeit durch das Trocknen der Samen oder das Aufbewahren im geheizten Zimmer während des Winters. Diese verkehrte Behandlung mag Veranlassung zu der lange Zeit herrschenden Ansicht, dass die Arvensamen nicht zum Keimen zu bringen seien, gegeben haben (Sendtner a. a. O.).



Fig. 126.
Pinus cembra.
Keimung.
2 : 1.
(Orig. Rikli.)

Die Keimung zeigt einen ähnlichen Verlauf wie bei der Kiefer. Die Wurzel durchbricht die Samenschale an deren zugespitztem Ende, die wachsenden Kotyledonen sprengen sie alsdann (Fig. 126), meist auf ihrer flacheren Seite, doch bleibt dieselbe noch längere Zeit wie ein Hütchen sitzen (Fig. 127, 1). Die sich stark streckende und rasch wachsende, dünne Wurzel übertrifft bald den Spross an Länge, doch bleibt sie im ersten Jahre einfach. Die sich in faserig-schleimigen Streifen ablösenden Epidermisschichten dienen als Befestigungsmittel. Wenn die Samenschale abgeworfen worden ist, so werden die Spitzen der inzwischen stark gewachsenen Kotyledonen noch von einer zweiten bräunlichen pergamentartigen Kappe (Fig. 127, 2) bedeckt, es sind die Reste des nun beinahe entleerten Endosperms und des vertrockneten Knospenkerns. Wie bei den meisten Coniferen so ergrünen auch die Keimlinge der Arve bei Ausschluss von Licht (6).

Die frei gewordenen Kotyledonen sind in einem Wirtel angeordnet und umgeben kranzartig die kleine, zentrale Endknospe der kräftig entwickelten, bereits ein ziemlich dickes Stämmchen besitzenden Keimpflanze. Die derben, dreikantig zugespitzten, sichelförmig aufwärts gekrümmten Keimnadeln sind nach unseren Messungen 2,4—2,9 cm lang (Fig 127, 3); v. Tubeuf (79) und Hempel u. Wilhelm (30) erwähnen, dass sie sogar über 3 cm lang werden können. An den Kanten tragen sie 1—2zellige, nach der Spitze gerichtete Sägehaare (Fig. 130, 2) (79). Im Querschnitt (Fig. 128) besitzen sie den Umriss schmaler gleichschenkeliger Dreiecke, deren schmale Aussenseite keine Spaltöffnungen führt; im ersten Keimstadium ist dieselbe dem Endosperm angelagert. Spaltöffnungen tragen dagegen die beiden Breitseiten. Unter jeder Kante verläuft ein subepidermaler Harzkanal; auf der Rücken-(Unter-)seite, haben wir gelegentlich auch zwei, einen grösseren unteren und einen kleineren oberen Harzgang beobachtet. Die sehr zartwandigen Sekretzellen der Harzgänge sind von einer etwas derbwandigeren, stärker lichtbrechenden Scheidenschicht umgeben. Während

[1]) Tursky, M., nach Botan. Jahresbericht. Bd. 10, Abt. 1. 1882. S. 33.
[2]) Badoux, a. a. O. S. 185.

die peripherischen Zellen des Grundgewebes von rundlichem oder polyedrischem Umriss sind, erscheinen die mittleren dagegen mehr oder weniger verlängert und gegen das einzige, grosse zentrale Gefässbündel gerichtet. Das Transfusionsgewebe des von einer grosszelligen Parenchymscheide umgebenen zentralen Gefässbündels ist unterbrochen. Die Kotyledonen fallen erst nach 2—2 ½ Jahren ab. Während dieser Zeit wechseln sie wiederholt ihre Funktion: zuerst als Saugapparate die

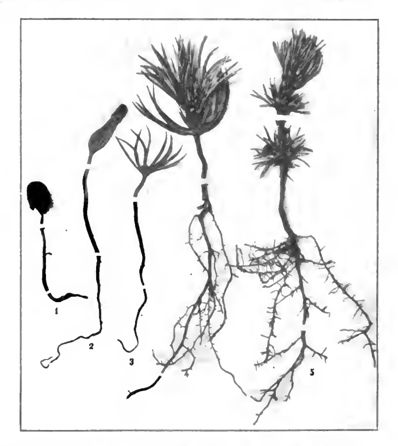


Fig. 127. *Pinus cembra.* Keimlinge und junge, bis 3jährige Pflanzen.
1. Keimling mit auf den Kotyledonen sitzender Samenschale. 2. Keimling mit in der Entfaltung begriffenen Kotyledonen, auf deren Spitze die Reste des Endosperms und des Nucellus sitzen. 3. Keimpflanze mit entfalteten Kotyledonen. 4. Zweijährige Pflanze mit Kotyledonen, Primärblättern und Kurztrieben. 5. Dreijährige Pflanze. — 3 : 4. (Orig.-Phot. von Rikli.)

Entleerung des Endosperms vermittelnd, dienen sie später als Speicher und endlich hauptsächlich als Assimilationsorgane.

Nach den Kotyledonen erscheinen noch im gleichen Jahre die ebenfalls einzelstehenden, zugespitzten, 8–12 mm langen **Primärblätter**, welche immer auf den ersten Trieb der Hauptachse beschränkt sind (29 a), sie stehen zu 14 bis 22

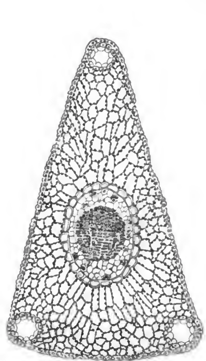


Fig. 128. *Pinus cembra.* Querschnitt durch den Kotyledon. 70 : 1. (Orig. Rikli.)
Epidermis einfach, ohne Hypuderm; Assimilationsgewebe gegen das zentrale Gefässbündel radial angeordnet, Zellen etwas gestreckt, aber ohne Armpalisaden.

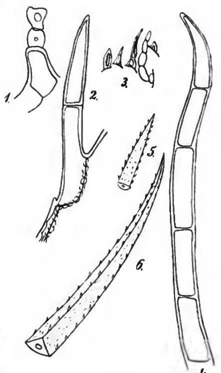


Fig. 130. *Pinus cembra.* Haarartige Bildungen.
1. Köpfchenhaar vom Primärblatt, 75 : 1; 2. Sägehaar vom Keimblatt, 75 : 1; 3. Haarbildungen an Blüten und Zapfen, 75 : 1; 4. Haar vom einjährigen Trieb, 75 : 1; 5. Primärblatt von innen, an 2 Kanten bezahnt, 3 : 1; 6. Primärblatt von oben, an den 3 Kanten bezahnt, 3 : 1. (1—5. nach v. Tubeuf, 6. Orig. Rikli.)

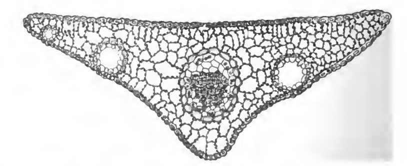


Fig. 129. *Pinus cembra.* Querschnitt durch ein Primärblatt, 70 : 1. (Orig. Rikli.)
Höhere Differenzierung zeigt sich in dem ersten Auftreten vereinzelter Armpalissaden, Spaltöffnungen auf allen drei Seiten.

in zwei bis drei dicht gedrängten Quirlen. Durch ihren äusseren und inneren Bau sind sie leicht von den Keimnadeln zu unterscheiden. Flach zweikantig mit gewölbter Aussenfläche tragen sie, wie die Kotyledonen, an den Kanten schon mit der Lupe erkennbare feine Sägezähne (Fig. 130, 1, 5, 6); ausserdem aber noch mehrzellige Köpfchenhaare, deren Basalzelle sehr dickwandig, Stiel- und Köpfchenzelle dünnwandig sind (79). Anatomisch (Fig. 129) sind sie ausgezeichnet durch das Vorhandensein von meist nur zwei, im oberen Drittel der Unterseite vorhandenen subepidermalen Harzgängen; zuweilen findet sich noch in der Nähe der einen oder anderen Kante ein dritter, bedeutend kleinerer Harzgang. Spaltöffnungen sind auf allen drei Seiten vorhanden. Unter der oberen Epidermis sind die meist gestreckten Zellen etwas chlorophyllhaltiger und einzelne als Armpallisaden ausgebildet. Erst im zweiten Jahre erscheinen die benadelten Kurztriebe (Fig. 127, 4, 5), Die Primärblätter bleiben aber auch nach dem Auftreten der Laubblätter noch längere Zeit mit der jungen Pflanze in Verbindung. Die jungen Arven lassen sich leicht verpflanzen (Landolt a. a. O.).

Nach vielen, besonders älteren Autoren (z. B. 19, S. 229), soll die Arve sich nur selten verjüngen. Wir können dieser Ansicht nicht zustimmen, im Gegenteil, wo die günstigen Keimungsbedingungen vorhanden und für genügenden Schutz vor dem Weidevieh gesorgt ist, da haben wir wiederholt einen sehr reichlichen und frohwüchsigen Nachwuchs vorgefunden; so z. B. auf der rechten Talseite des Flatzbaches zwischen Pontresina und dem Morteratschgletscher. Da hier ausgewachsene Arven im Tale verhältnismässig selten sind, so erhält man den Eindruck, dass der Baum an dieser Stelle sogar im Begriffe steht, ein bereits stark gefährdetes Gebiet wieder zurück zu erobern. Auch in den oberen Lagen des Capettawaldes im Avers ist der Nachwuchs recht erfreulich. Dasselbe berichtet Geiger vom Bergell[1]), Schröter vom Scarl[2]) und Baumgartner (a. a. O.) von den Curfirsten. Im „Plattert“ der Reitalm (Südbayern) sah Sendtner (a. a. O.) auf einer Fläche von 4—9 Quadratzoll einem einzigen Zapfen 10—20 Stück drei- bis vierjähriger Bäumchen entsprossen. Dieser natürliche Nachwuchs ist jedoch in vielen Gegenden nur etwa 10—40 Jahre alt, ein Mittelwuchs von Bäumen mit 50 bis ca. 120 Jahren scheint vielerorts fast ganz zu fehlen. Diese zuerst sehr befremdende Tatsache ist jedoch nur die Folge wirtschaftlicher Verhältnisse, welche mit der früher allgemein verbreiteten, jetzt in manchen Gebirgstälern aufgehobenen Waldweide in engstem Zusammenhang steht.

In leichtem Boden oder bei anhaltender Trockenheit, geht das Keimpflänzchen leicht zu Grunde (Woditschka a. a. O.), zu seiner gedeihlichen Entwicklung bedarf es frischer, humoser Erde. Unter Alpenrosen und Legföhren oder in dem von den *Vaccinien* des Unterholzes gebildeten Heidetorf sprosst der Jungwuchs besonders freudig empor (Geiger a. a. O.). Er findet hier nicht nur die ihm am besten zusagenden Bodenverhältnisse, sondern auch Schutz vor dem Wind, vor Frost und Vieh; in den höheren windoffenen Lagen flüchtet sich der Arvensämling mit Vorliebe in den Schutz von *Juniperus nana*[3]). Der Nachwuchs ist in besonders hohem Grade schattenliebend; wo die Bestände stark gelichtet sind, sterben junge Pflanzen leicht ab. Bei ganz günstigen Bodenverhältnissen (mergeliger Kalk von einem dichten Moospolster bedeckt) sah Sendtner (a. a. O.) auf der Schönbichlalpe im steinernen Meer das Absterben junger Bäumchen vom Gipfel

[1]) Geiger, E. Das Bergell, Forstbot. Monogr. Jahresbericht d. naturf. Gesellschaft Graubünden. Bd. 45. 1901. S. 25.

[2]) Schröter, C. Handschriftliche Notizen (Manuskript) über Exkursionen ins Scarltal.

[3]) Schröter, C. Das Pflanzenleben d. Alpen. 1904. S. 91 und 94.

her. Das spärliche Aufkommen junger Arven in der oberen Grenzzone des Baumes dürfte wenigstens zum Teil auf diesen Faktor zurückzuführen sein.

Die jungen Keimpflanzen wachsen sehr langsam. Die einjährigen Sämlinge sind nur 2—4 cm hoch [1]), der Zuwachs der nächsten Jahre ist sogar oft noch schwächer [2]). An sehr kräftigen, einjährigen Arven aus der Pflanzschule von J. J. Roner in Zernetz fanden wir vom Wurzelansatz bis zur Knospenspitze immerhin als Maximum 6 cm. Flury [1]) entnehmen wir folgende Zuwachsverhältnisse für die ersten 10 Jahre bei:

Alter:	grossen	mittelgrossen	kleinen Pflanzen
1. Jahr	4 cm	3 cm	2 cm
2. „	5 „	4 „	3 „
3. „	6 „	5 „	4 „
4. „	7 „	6 „	5 „
5. „	8 „	7 „	6 „
6. „	11 „	8 „	7 „
7. „	13 „	9 „	8 „
8. „	18 „	11 „	9 „
9. „	28 „	16 „	10 „
10. „	14 „	29 „	15 „

In Pflanzschulen werden günstigere Zuwachsverhältnisse beobachtet. Nach Fürst [3]) erreichen

4jährige Sämlinge eine Höhe von 15—25 cm.
5 „ „ „ „ „ 20—40 „
6 „ „ „ „ „ 30—50 „

Mit dem Erscheinen der Kurztriebe beginnt die lange fadenförmige Wurzel der Keimpflanze eine grössere Anzahl von Seitenwurzeln zu bilden. Zur Entwicklung einer Pfahlwurzel kommt es jedoch nicht, denn die ursprüngliche Hauptwurzel bleibt bald mehr und mehr hinter den sich kräftig entwickelnden Seitenwurzeln zurück (30), um schon zwischen dem 15. und 20. Altersjahre vollständig zu verkümmern [2]). Trotzdem ist die Bewurzelung aber eine durchaus sturmfeste, denn die zahlreichen, weit ausladenden, bis armsdicken, oft auch noch in Felsspalten sich verankernden Seitenwurzeln geben dem Baum eine sehr grosse Standhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die stärksten Stürme. In dieser Hinsicht übertrifft die Arve jedes andere hochstämmige Nadelholz (Kerner a. a. O.). Bei sehr alten Exemplaren verlaufen die vom Stamm abgehenden Wurzeln nicht selten über dem Boden, ein Verhalten, das die Eigenart dieser ehrwürdigen Baumgestalten noch wesentlich erhöht (30). Göbel hat diese Wurzelbildung sehr treffend als Klammerorgane angesprochen [4]). Das Wurzelsystem zeigt übrigens an den jüngeren Verzweigungen eine ähnliche Gliederung wie der Aufbau der Krone in Trieb- oder Lang- und in Saug- oder Kurzwurzeln. Die Langwurzeln verzweigen sich nur wenig, an ihnen entstehen zahlreiche Wurzelhaare, so dass ihre Enden oft ein filzartiges Aussehen annehmen (Fig. 131, 1.) Die Wurzelhaare der Arve zeichnen sich durch ihre Länge aus (19); dieselbe beträgt oft 0,5 mm. Eigentümlicherweise sind aber diese Rhizoiden nicht Epidermalgebilde,

[1]) Flury, Ph., in Mitteilungen der schweiz. Centralanstalt für forstl. Versuchswesen Bd. 4, 1895. S. 198.

[2]) Mathieu, A. Flore forestière, Ed. IV par G. Fliche. 1897. S. 624.

[3]) Fürst, in Forstwirtschaftl. Centralblatt. Bd. 21, 1899, S. 333—336.

[4]) Tubeuf, C., v. und Steinbeis, F., in Naturwissenschaftl. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Bd. 2, 1904. S. 110.

sie entstehen aus Rindenzellen der zweiten oder dritten Lage und müssen die äusseren Rindenschichten, welche sich dann in Fetzen ablösen, durchbrechen (79). Wurzelhaare können zwar zu jeder Jahreszeit beobachtet werden, am meisten sind sie jedoch im Herbst und Winter entwickelt. Die Kurzwurzeln treten auf in Form von racemösen (Fig. 131, 4) und von wiederholt gabelig verzweigten Würzelchen, welche dicht gehäuft zu rundlichen oder ovalen, an Miniaturhexenbesen erinnernden Büschelchen vereinigt sind (Fig. 131, 1—3). Diese nur einige Millimeter langen Knäuelchen stehen seitlich in unregelmässiger Anordnung gegen das untere Ende der Langwurzeln und besitzen keine Wurzelhaare (79), es sind Mykorrhizen, deren Entdeckung wir C. v. Tubeuf verdanken. Ein Querschnitt durch eine solche Pilzwurzel (Fig. 131, 5, 6) lehrt, dass dieselbe sowohl an ihrer Oberfläche als auch in ihrem Innern und zwar hier zwischen und in den Zellen von Hyphen umgeben, durchzogen und erfüllt ist. Die Mykorrhiza ist also ekto- und endotroph. Mit der Ausbildung der Wurzelhaare, ekto- und endotropher Mykorrhiza tritt innerhalb der Wurzelfunktion eine Arbeitsteilung ein. Die endotrophe Mykorrhiza vermittelt mit grösster Wahrscheinlichkeit die Stickstoff-

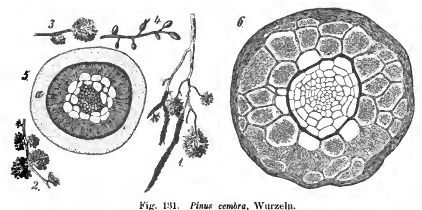


Fig. 131. *Pinus cembra*, Wurzeln.

1. Langwurzel mit Wurzelhaaren und seitlichen, zu Mykorrhizen ausgebildeten Kurzwurzeln, 5 : 3. — 2., 3. dichotomische Mykorrhizen, 5 : 3. — 4. ektotrophe racemöse Mykorrhizen, 5 : 3. — 5. Querschnitt durch eine dichot. Mykorrhiza. a äussere Pilzschicht, b Rindenschicht mit intracellularen Hyphen, 70 : 1. — 6. Durchschnitt durch eine Wurzel mit ektotrophen und endotrophen Mykorrhizen. 200 : 1. (Nach v. Tubeuf.)

assimilation [1]); den Wurzelhaaren fällt, wie immer, die Aufnahme der anorganischen Nährsalze zu; streitig ist jedoch, wie überhaupt, so auch für die Arve immer noch die Frage nach der Bedeutung der ektotrophen Mykorrhiza.

Über die Beziehungen von Wurzel- und Sprosswachstum auf der Versuchsstation Adlisberg bei Zürich geben folgende, Engler (19) entnommene Beobachtungen Aufschluss. Das Wurzelwachstum begann im Frühjahr 1.—15. April, die Knospen streckten sich 1.—22. April, die jungen Nadeln erschienen Mitte Mai; das Nachlassen des Wurzelwachstums im Sommer fiel im Jahre 1899 auf den 22. Juli, 1900 auf den 30. August, die Vollendung des Höhenwachstums auf den 2.—22. Juni. Danach beginnt das Wachstum von Wurzel und Spross früh und beinahe gleichzeitig; dagegen vollendet die Arve ihr jährliches Höhenwachstum sehr lange bevor die Wachstumspause der Wurzeln eintritt.

[1]) P. Jaccard. Journal forestier suisse, févr. 1904.

Der Sprossbau der Arve zeigt bei ungestörter Entwicklung in den ersten Jahrzehnten einen sehr regelmässigen Aufbau: eine schlanke, stark verlängerte Hauptachse mit tief herabgehender, sehr regelmässiger Beastung. Da die Äste gegen den Gipfel sich gleichmässig verjüngen, so besitzt die jugendliche Krone eine schöne regelmässige Kegelform (Fig. 132). Nach der Regelmässigkeit der Verzweigung übertrifft die junge Arve sogar Tanne und Fichte und ist dann aus einiger Entfernung von jugendlichen Föhren und Bergkiefern kaum zu unterscheiden. In der Altersphysiognomie dagegen übertrifft die Arve wohl alle anderen Nadelhölzer Mitteleuropas an Individualität und stark ausgeprägter Charakter-



Fig. 132. *Pinus cembra.*
Angepflanztes Arvenwäldchen vom Gottschalkenberg Kant. Zug. (Nach Fankhauser.)

gestaltung, ohne jedoch, wenigstens bei uns in den Alpen, spezifische Grenzformen wie andere Baumarten zu bilden.

In tieferen, windgeschützten Lagen bleibt die Jugendform am längsten erhalten; sie ist dann sogar am mehrhundertjährigen Baum noch erkennbar. Die gleichmässig abgewölbte Krone, die reichliche, ununterbrochene, dichtnadelige, weit herabreichende, an den Enden aufwärts gekrümmte Beastung charakterisieren den alten, freistehenden Solitärbaum[1]). Im dichteren Bestande, wie

[1]) Abbildg. siehe Lit. 30, S. 176, Fig. 103.

z. B. zwischen St. Moritz und Pontresina, nimmt der Baum mit zunehmendem Alter mehr Walzenform an, denn da das Nadelwerk starke Beschattung nicht scheut, so werden die unteren Äste nicht abgestossen. In höheren windoffenen, den Unbilden der Witterung ausgesetzten Lagen wird dagegen mit dem Alter die Krone immer unregelmässiger, bald stehen vor uns ehrwürdige Veteranen, „Wetterzirben" von denen uns jede eine ganze Geschichte voll von Drangsal und Not zu erzählen weiss. Haben Blitz, Wind, Wetter und Schneebruch, Tier und Mensch auch schon manche Wunde geschlagen, sie sind längst vernarbt und immer noch steht die Arve aufrecht, selbst in den höchsten Lagen des Holzwuchses in stattlicher Schönheit und kaum zu brechender Kraft erwachsend. Während die Fichte und selbst die Lärche zu verkümmern beginnt, schreitet sie stolz und in ungebeugter Kraftgestalt bis an die Grenzen ihrer Gemarkung[1]). Noch die letzten Vorposten recken mächtige Gipfel empor. An Lebenskraft und Reproduktionsfähigkeit kann sich mit der Zirbe keine andere Conifere messen. Wenn endlich das Leben des Baumes ganz erloschen ist, dann vermag der tote Stamm oft noch Jahrzehnte lang Sturm und Wetter zu trotzen; die fast unverwitterbaren gebleichten weissen Äste ragen gleich Totengebeinen aus dem sie umgebenden grünen Grabe von Alpenrosen und Alpenerlen empor (Eblin a. a. O.).

Versuchen wir einige dieser Folge- und Altersformen der Arve noch etwas näher kennen zu lernen:

1. Die Kandelaberarve. Die meisten unteren Zweige sind mehr oder weniger stark senkrecht aufgerichtet oder es löst sich der Hauptstamm vollständig in einzelne stärkere Äste auf, sodass die Kronenform dieser Bäume mehr und mehr laubholzähnlich wird. Die Kandelaberarve ist die Normalform hohen Alters.

2. Die Wipfelbrucharve[2]). Der primäre Hauptgipfel wird öfters durch Schneedruck oder Sturm gebrochen, als Ersatz treten dann Sekundärgipfel auf; an einem Baum sind nicht selten 3—8 oder sogar noch mehr Nebengipfel vorhanden. Die physiognomische Mannigfaltigkeit kann durch wiederholten Bruch von Sekundärgipfeln und Ersatz derselben durch Wipfel dritter und vierter Ordnung gesteigert werden. Wipfelbrucharven sind bei exponierten Bäumen eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung. (Vergl. 30, Mathieu, Woditschka).

3. Blitzarven. An der Baumgrenze zeigen fast alle alleinstehenden Wetterarven den Einfluss wiederholten Blitzschlages. An den vom Blitz getroffenen Bäumen stirbt der obere Teil des Hauptgipfels ab. Ohne Nadelwerk, mit gespensterhaft ausgestreckten, entrindeten und gebleichten Ästen bleibt der tote Wipfel oft noch lange Zeit stehen. unter ihm grünt die Arve weiter und schreitet auch wieder zur Bildung von Ersatzgipfeln. Solche Blitzbäume bilden C. v. Tubeuf und F. Steinbeis (a. a. O.) vom Peischelkopf bei St. Anton (2400 m) ab.

4. Windarven. Die dem vorherrschenden Winde zugekehrte Seite der Krone zeigt eine viel kürzere, aber reichlichere, oft geradezu struppige Verzweigung, eine Folge des wiederholten Absterbens der Triebe und Ersatz derselben durch sehr zahlreiche Erneuerungstriebe. Die Beastung der dem Wind abgekehrten Seite der Krone ist dagegen stark verlängert. Durch diese Ausbildung der Krone, mit der einseitig stärkere Belastung verbunden ist, nimmt der Stamm nicht selten noch eine mehr oder weniger schiefe Lage an. Solche windgepeitschten Arven sind besonders schön als Einzelbäume auf vorspringenden Felsen oder auf Gräten zu sehen. Nicht ganz so typisch ist die Windarve, wenn der Baum am Rande eines Waldkomplexes steht. Wieder anders wird das Bild,

[1]) Schröter, C. a. a. O. S. 23.

[2]) Woditschka, a. a. O. S. 8; Mathieu (1897) S. 623; Lit. 30, 224.

wenn der Baum im unteren Teil windgeschützt und daher von normaler Ausbildung, nur in seiner Gipfelregion zur Windfahne geworden ist. Übrigens darf nicht jede einseitig ausgebildete Arve als Windform gedeutet werden; v. Tubeuf und Steinbeis erwähnen Fälle, wo diese Kronenform auf einseitige Belichtung zurückzuführen ist.

5. Die Wurfarve. An Seeufern oder in Sümpfen findet die Arve mit zunehmendem Wachstum oft nicht den genügenden Halt, der Stamm neigt sich und kann sich sogar ganz dem Boden anlegen; so entsteht auch wieder eine ganz einseitig ausgebildete Krone. Das Zustandekommen dieser Kipplage der Bäume wird fast stets auch noch durch den Wind unterstützt und beschleunigt.

6. Die Verbissarve[1]. Durch das Verbeissen der Ziegen leidet die Arve sehr stark, denn der Ersatz verbissener Zweige ist im Gegensatz zur Fichte sehr spärlich; auffallend ist dagegen die bedeutende Dicke, welche Stämmchen und Hauptäste annehmen. Bei einer stark verbissenen jungen Pflanze geht jede Regelmässigkeit der Form vollständig verloren, das Stämmchen wird krumm und verkrüppelt, erhält sich aber doch ziemlich lange. Ein Bestreben, die Hauptachse durch Ausbreiten der unteren Äste zu schützen, wie dies Fichte und gemeine Kiefer tun, ist bei der Arve nicht zu beobachten.

Fankhauser verdanken wir auch einige Angaben über Verkümmerung von Arven infolge von Ziegenfrass; man vergleiche damit die normalen Zuwachsverhältnisse der Tabelle auf Seite 263. Sämtliche der Messung unterworfene Exemplare stammen aus der Gegend von Samaden im Oberengadin.

Alter	Stärke beim Wurzelknoten in cm	Höhe in cm	Grösster Durchmesser der Beastung in cm
25 Jahre	2,8	31	45
27 „	3,3	53	50
28 „	3,5	53	43
30 „	3,1	27	26
34 „	2,2	20	18
38 „	3,8	36	30
38 „	4,5	48	65
43 „	6,1	58	90
44 „	4,9	50	75
46 „	5,5	48	65

7. Die Legarve. In Nordostasien tritt die Arve als ein kriechendes mit unserer Legföhre vergleichbares Gehölz auf. Roder[2] sagt von ihr: „Ihre Stämme erreichen höchstens 8 m Länge, wobei aber die Krone derselben nur 3 m senkrecht über das Erdreich ragt, indem der Baum gleich bei seinem Hervortritt aus der Erde sich buschartig teilt und die nur wenige Zoll dicken Stämme in Schlangenwindungen an dem Boden hinkriechen“. Die Straucharve ist hauptsächlich eine Bewohnerin der Kämme und Rücken der Gebirge; ihre Verästelungen schmiegen sich dicht den Gehängen an, die Äste benachbarter Bäume verflechten sich mit einander, so bildet sich ein unentwirrbares Gestrüpp, welches das Durchqueren solcher Bestände in kaum glaublicher Weise erschwert. Das Bild erinnert in allen Einzelheiten an unsere alpinen Legföhrenbestände. Legföhrenartige Arven scheinen immerhin auch in den Alpen vorzukommen, wenigstens sind mir von Förstern öfters Angaben über solche gemacht worden; leider liegen aber weder Abbildungen, noch nähere Beschreibungen solcher alpiner Straucharven vor. In Anbetracht des immer vereinzelt angegebenen Auftretens

[1] Fankhauser, F., s. S. 90, Anmerk. 4.

[2] Roder, K., Die polare Waldgrenze. Dissert. Dresden 1895. S. 44.

bin ich geneigt anzunehmen, dass es sich nur um Verbissarven handeln dürfte; jedoch bedarf die Frage noch der weiteren Abklärung.

Mit diesen sieben Typen ist übrigens die Mannigfaltigkeit der Physiognomik der Arve noch lange nicht erschöpft. Beinahe häufiger als die Typen, finden sich in der Natur Kombinationsformen, in denen Merkmale von zwei, drei oder sogar noch mehr Typen erkennbar sind. Der mehrhundertjährige Baum kann in den einzelnen Perioden seines Lebens wiederholt verschiedenen formbestimmenden Einflüssen unterworfen worden sein, die, sofern sie nur lange genug andauerten, nicht spurlos an ihm vorübergegangen sein werden.

Die Kürze der jährlichen Langtriebe der Arve bedingt eine sehr dichte Benadelung. Die spiralig angeordneten Kurztriebe sind nur im ersten Jahr von Nadelscheiden umgeben, welche aus glänzenden, am Grunde grünlichen, sonst lebhaft gelbbraunen und von einem farblosen Randsaume umgebenen Schuppen bestehen. Zuerst dicht, dachziegelartig zusammenschliessend, rücken die Schuppen-

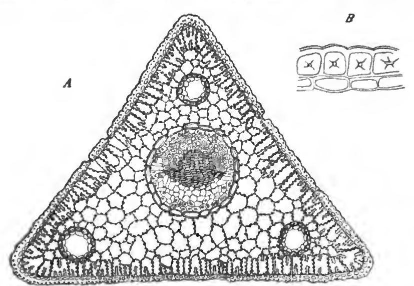


Fig. 133. *Pinus cembra.*

A. Querschnitt durch eine Nadel, 70 : 1. B. Querschnitt durch Epidermis und Hypoderma einer Nadel, 350 : 1. Gegenüber den Kotyledonen (Fig. 128) und Primärblättern (Fig. 129) weitere anatomische Differenzierung: Ausbildung eines Hypoderma, Spaltöffnungen nur auf den beiden Innenseiten in rillenförmigen Vertiefungen, Assimilationsgewebe mit peripherischer ununterbrochener Armpalissadenschicht. (Orig. Rikli.)

blättchen später auseinander, so erhält die Nadelscheide eine lose, flatterige Beschaffenheit, um dann meist schon nach Jahresfrist abzufallen. Die älteren Nadelbüschel sitzen alsdann, im Gegensatz zu denjenigen der zweinadeligen Kiefern, nackt auf den kleinen, quergefurchten Kurztrieben (30). Die 5—9 cm langen und 1,5 mm breiten, steiflichen, zugespitzten Nadeln stehen meist zu fünf an den Kurztrieben; nur ausnahmsweise werden auch Nadelbüschel mit nur vier oder drei Nadeln beobachtet[1]). Nach Geiger (a. a. O.) soll am Maloja dieser Fall, besonders an jungen Arven, öfters auftreten; doch sind von den fehlenden Nadeln fast stets noch Rudimente vorhanden. Da die dreikantigen Nadeln in der ur-

[1]) Penzig, Pflanzenteratologie, II, S. 494.

sprünglich geschlossenen Scheide zu einem Zylinder vereinigt sind, so beträgt der innere Nadelwinkel 72°. Im Querschnitt (Fig. 133) zeigen die Nadeln mehr oder weniger die Form eines gleichseitigen Dreiecks, dessen Kanten unter der Lupe fein gezähnelt sind. Ihre zwei inneren, ebenen Seitenflächen sind durch bläulichweisse Wachsstreifen ausgezeichnet, in ihnen liegen die Spaltöffnungen; die meist etwas gewölbte, nach aussen gerichtete Rückenseite ist dagegen dunkelgrün und gewöhnlich spaltöffnungslos. Im Parenchym des Blattgewebes verläuft unter jeder Kante ein Harzkanal, der eine etwas dickwandigere und stärker lichtbrechende Scheide und sehr zartwandige sezernierende Zellen unterscheiden lässt. Die Epidermiszellen sind bis auf ein im Querschnitt punktförmig erscheinendes Lumen verdickt und besitzen eine dicke Cuticula und mächtige Cuticularschichten. Das Hypoderm ist verhältnismässig dünnwandig und dürfte unter Übersehen der wirklichen Epidermis bisweilen als Epidermis gedeutet worden sein; daher die vielfach einander widersprechenden Angaben in der Literatur. Epidermis und Hypoderma verhalten sich demnach bei der Arve gerade umgekehrt, wie bei der Fichte (vgl. Fig. 54, S. 132). Das Assimilationsgewebe lässt zwei Schichten unterscheiden: subepidermale Armpalissadenzellen und ein inneres parenchymatisches Grundgewebe, welches von einem einzigen, grossen zentralen Gefässbündel durchzogen wird, dessen Transfusionsgewebe ununterbrochen ist.

In Bezug auf das von den Nadeln erreichte Alter weichen die verschiedenen Autoren stark von einander ab. Als Minimum wird 3, als Maximum dagegen 6 Jahre angegeben. Die Lebensdauer der Nadeln scheint in hohem Masse vom Ernährungszustand der Pflanze abhängig zu sein, zudem ist darauf hinzuweisen, dass durch parasitäre Pilze oft ein frühzeitiges Vergilben derselben hervorgerufen wird. Endlich bleibt auch noch die Möglichkeit offen, dass die fünf- und sechsjährige Ausdauer der Nadeln, wie sie von Hempel und Wilhelm, und Mathieu angegeben wird, vielleicht auf das Vorhandensein persistenterer Arvenrassen hindeuten, wie solche von anderen Kieferarten schon längstens bekannt sind. Nach Büsgen (17) bleiben die Nadelbüschel nur $3^1/_2$ Jahre stehen, zu demselben Ergebnis kommt auch May (45), welcher noch besonders hervorhebt, dass sich von 4jährigen Nadeln nur so geringe Reste vorfinden, dass ein $4^1/_2$jähriges Vegetieren der Blätter jedenfalls zu den Ausnahmen gehört.

Über Wasser- und Aschegehalt der Nadeln von *Pinus cembra* hat Ebermayer (18) eingehende Untersuchungen gemacht. Dabei ergab sich für frische, einjährige Nadeln ein mittlerer Wassergehalt von 68,18 %, für zweijährige ein solcher von 60,73 %; in der Trockensubstanz einjähriger Nadeln waren im Mittel 2,58 % Reinasche, darunter 0,44 % Phosphorsäure enthalten, zweijährige Nadeln enthielten in ihrer Trockensubstanz 2,99 % Reinasche, darin 0,32 % Phosphorsäure.

Die Arve wächst ausserordentlich langsam. Als dicht benadelter Busch steht sie noch lange da, wenn gleichaltrige Fichten bereits zu ansehnlichen Bäumen herangewachsen sind[1]). Nach Willkomm (224) braucht sie in freier Gebirgslage gegen 70 Jahre, um nur mannshoch zu werden. Auch Sendtner (a. a. O.) erwähnt ein kaum mannshohes Bäumchen vom Schachen von 69 Jahren. Unter günstigeren Verhältnissen vermag nach Zschokke der Baum allerdings schon zwischen 40 und 50 Jahren Mannshöhe zu erreichen. Im Gebiet der alpinen Baumgrenze dauert die jährliche Wachstumsperiode allerdings nur $2^1/_2$ bis höchstens 3 Monate, selbst wenn aber die Arve, unter bedeutend günstigeren klimatischen Verhältnissen, in tieferen Lagen oder auf den deutschen Mittelgebirgen kultiviert wird, so steigert sich, im Gegensatz zur Lärche, ihre Wachstumsgeschwindigkeit nur sehr wenig[2]).

[1]) Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. Bd. I (1896), S. 269.

[2]) Mathieu a. a. O., S. 625.

Im Anschluss zur Keimungsgeschichte haben wir bereits auf S. 256 das Längenwachstum bis zum Abschluss des zehnten Jahres kennen gelernt. Dieses erste Jugendwachstum ist ganz besonders langsam. Die Astquirlbildung beginnt gewöhnlich erst mit dem fünften Jahr und erst bei etwa 50jährigen Bäumen steigert sich allmählig die Wachstumsgeschwindigkeit, um nach Kasthofer erst zwischen dem 150. und 200. Jahre die besten Zuwachsverhältnisse zu liefern (28 a). Je nach den lokalen Bedingungen ist das Längenwachstum um das 200. bis 240. Jahr meist ziemlich abgeschlossen. Der Baum hat dann die Höhe von 18—22 Meter erreicht, kann aber dann noch Jahrhunderte lang in die Dicke wachsen. Trotz der verhältnismässig bescheidenen Dimensionen des Baumes ist, dank der Grösse und grossen Zahl der Äste, die produzierte Holzmasse viel bedeutender als die Betrachtung von Länge, Dicke und Höhe des Stammes erwarten lässt[1]). Noch mehr als das Längenwachstum verzögert sich das stärkste Dickenwachstum. Bis zum 100. Jahre erreichen die Stammscheiben kaum 20 cm[2]); von jetzt an steigert sich das Dickenwachstum. Die breitesten Jahresringe finden sich sogar erst zwischen dem 150. und 250. Altersjahr (Sendtner a. a. O.).

Nachdem das Längenwachstum schon längst abgeschlossen ist und auch das Dickenwachstum des Stammes seine maximale Wachstumsenergie bereits überschritten hat, tritt endlich die Zeit grössten Massenzuwachses ein. Es sind Fälle bekannt[3]), wo dies erst bei 400jährigen Bäumen stattfand. Aus diesen Angaben muss entnommen werden, dass unter günstigen Verhältnissen der Baum erst um das 400. Jahr in der Vollkraft seiner Entwicklung steht; um diese Zeit zeigt auch das Astwerk ein besonders üppiges Aussehen. Von der Eibe abgesehen, steht die Arve in Bezug auf die Wachstumsintensität unter unseren einheimischen Nadelhölzern in letzter Linie, ihr folgen dann Weisstanne und Bergföhre[4]). Vergl. Fig. 134.

Über die mittlere Höhe der Arve von 20 zu 20 Jahren, auf den für Nutzungszwecke namentlich in Betracht kommenden günstigen Standorten, gibt folgende Hempel u. Wilhelm (30) und Zötl[5]) entnommene Tabelle Aufschluss.

Alter	Höhe in m	
	a) nach Hempel u. Wilhelm	b) nach Zötl.
10 Jahre	0,5	—
20 „	1,2	1,36
40 „	4	2,84
60 „	7	4,43
80 „	9—10	8,06
100 „	12	12,56
120 „	14—15	16,64
140 „	17	16,75
160 „	18	18,07
180 „	19	19,28
200 „	20	20,55

Im Verlauf des Wachstums treten zuweilen bedeutende und länger anhaltende Depressionen ein. Wie Schlagintweit[6]) hervorhebt, hängt diese Er-

[1]) Schlagintweit H. u. A. Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen. Leipzig 1850. S. 579.

[2]) Gregori, Zuwachsverhältnisse in den Hochgebirgswaldungen. Schweiz. Zeitschrift f. Forstw., 1887, S. 104.

[3]) Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 1887, S. 226.

[4]) Flury, a. a. O., S. 189.

[5]) Woditschka, a. a. O.

[6]) a. a. O. S. 580.

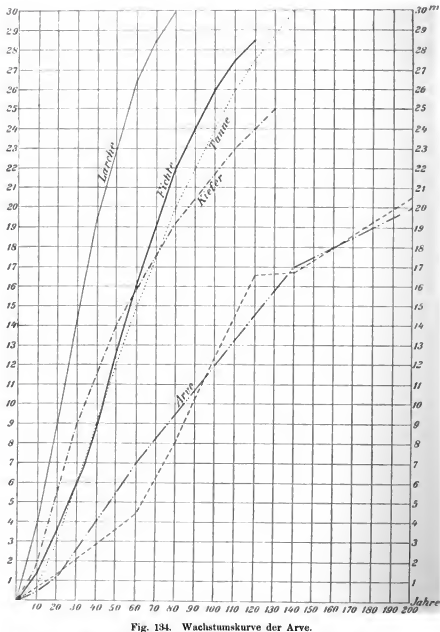


Fig. 134. Wachstumskurve der Arve.
—··—·· nach Hempel und Wilhelm, – – – – nach Zötl, im Vergleich zu Tanne (s. S. 92), Fichte (s. S. 136), Lärche (s. S. 167) und Kiefer (s. S. 193). (Orig. Rikli.)

scheinung wohl mit der verschiedeuen Güte der Bodenschichten zusammen, auf welche die sehr langen Wurzeln bei ihrer Ausbreitung treffen.

Über die mittlere Höhe gleichaltriger Lärchen, Fichten und Arven in Hochgebirgswaldungen in der Nähe der Baumgrenze hat Gregori[1]) im vorderen Teil des Val Chamuera (Oberengadin) Erhebungen gemacht. Er kam zu folgenden Resultaten.

Alter	Lärche	Fichte	Arve
10 Jahre	0,2 m	0,2 m	—
15 „	0,3 „	0,25 „	0,2 m
30 „	2,5 „	0,8—1,3 „	0,4—0,5 „
50 „	6,7 „	4,6 „	1,8—2,5 „
70 „	10—12 „	7—9 „	6—8 „

Über die Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Wachstum hat Badoux[2]) sehr wichtige Kulturversuche ausgeführt. Bei 6jährigen Pflanzen konstatiert dieser Autor unter 12 verschiedenen Holzarten auf dem Adlisberg bei Zürich (660 m), dass die Arve auf den verschiedensten Bodenarten immer das langsamste Wachstum zeigt; in zweiter Linie folgt dann stets die Edeltanne, welche sogar auf einzelnen Bodenarten genau dieselben Zuwachsverhältnisse ergab wie die Arve. Im einzelnen ergab sich folgendes Verhältnis zwischen dem Wachstum der Tanne und der Arve:

Bodenart	Durchschnittshöhe der Tannen	Arven
Sand	9 cm	9 cm
Kreidekalk	18 „	8 „
Verrucano	14 „	9 „
Flysch	11 „	8 „
Gneiss	19 „	10 „
Bündnerschiefer	12 „	12 „
Jurakalk	15 „	9 „
Ton	18 „	11 „

Über den Gang des Dickenwachstums geben die folgenden, den Untersuchungen von Gregori[3]) entnommenen Zahlen einigen Aufschluss. Es wurden an der Baumgrenze im Oberengadin die Stammdurchmesser (in Brusthöhe) zahlreicher entrindeter Lärchen, Fichten und Arven gemessen:

	50	70	110	150	170	190	210 Jahre alt
Lärche	12	16	26	31	32	36	48 cm dick
Fichte	10	15	22	27	30	32	34 „ „
Arve	—	12	19	29	31	34	38 „ „

Die harzreichen kugeligen Knospen der Arve stehen meistens einzeln an den Enden der Zweige (224), sie sind in ein feines Spitzchen ausgezogen und von zahlreichen braunen glänzenden Schuppen bedeckt, welche dieselbe Anordnung zeigen wie bei den zweinadeligen Kiefern. An den Schuppen beobachtet man einen weisshäutigen Randsaum und an ihrem proximalen grünen Teil farblose Härchen (30). Die Langtriebe des Baumes sind im ersten Sommer

[1]) a. a O. S. 104.

[2]) Mitteilungen der schweiz. Centralanstalt für das forstl. Versuchswesen. Bd. 4, 1895, S 187.

[3]) a. a. O., S. 104.

durch eine kurze, sammtartige, rostgelbe, filzige Behaarung (Fig. 130, 4), welche unter unseren einheimischen Koniferen nur bei der Arve auftritt, sehr gut charakterisiert; sie werden aber später kahl. Nach dem Abfallen der Kurztriebe erscheinen die Zweige oberflächlich grau und von höckeriger Beschaffenheit, welche nur durch die allmählich schwindenden Kissen der Knospenschuppen verursacht wird. Nach deren Verschwinden und nachdem auch die Narben der Kurztriebe verwittert sind, zeigt die harzreiche Rinde zuerst eine helle, silbergraue oder rötlichgraue Färbung und eine glatte glänzende Oberfläche, in welcher die braunen Lentizellen als kurze, schmale Querstreifen sichtbar sind. Da das Harz, ähnlich wie bei der Edeltanne, in Harzbeulen, die allerdings zahlreicher und kleiner sind, auftritt, so nimmt die Rinde später ein mehr warziges Aussehen an[1]). Mit zunehmendem Alter entsteht endlich eine Schuppenborke, indem die Rinde von vielen Längsrissen und horizontal verlaufenden ringförmigen Einschnitten durchzogen, stark aufgerissen wird, sodass sie ein sehr eigentümliches Aussehen erhält. Selbst an alten Stämmen erreicht (30) jedoch die Borke nie eine grössere Dicke. Teile der früheren glatten Rindenhaut, jetzt von zahlreichen Querrissen durchzogen, bleiben noch längere Zeit an der Schuppenborke haften.

Das Holz der Arve ist durch seine bedeutende Zähigkeit, Geschmeidigkeit und Dauerhaftigkeit ausgezeichnet. Letztere Eigenschaft wird besonders durch den grossen Harzgehalt bedingt; nicht nur durchziehen zahlreiche Harzkanäle den Stamm, sondern das Harz durchdringt auch in feinst zerteiltem Zustand alle Teile des Holzes[2]), welches dadurch einen angenehmen, balsamischen Geruch erhält. Das Terpentin ist sehr wasserhaltig, daher klar, hell und dünnflüssig, sodass das getrocknete Holz nur noch Spuren von Harz enthält[3]), ein Verhalten, das öfters selbst bei sonst zuverlässigen Autoren, Veranlassung zu der irrigen Angabe „vom harzlosen Arvenholz" gegeben hat (224). Vielfach wird behauptet, dass das Holz dem Wurmfrass gar nicht unterworfen sei, dem gegenüber erwähnt Sendtner (a. a. O.), dass er im Splint von Arvenholz doch gelegentlich auch Insektenfrass beobachtet habe.

Die Jahresringe verlaufen sehr dicht gedrängt, neben denen des Krummholzes sind sie die engsten unserer einheimischen Holzarten (17). Eine Stammscheibe vom Wetterstein, die nach Pitzner[4]) einen Durchmesser von 71,95 cm hatte, besass 349 Jahresringe; es ergab sich eine durchschnittliche Breite der ersten 100 Jahresringe von 55,57 mm, der zweiten 100 Jahresringe von 114,41 mm, der dritten 100 Jahresringe von 104,60 mm. Als Beispiel für die mittlere Ringbreite innerhalb Perioden von je 10 Jahren seien hier einige der von Schlagintweit[5]) gegebenen Zahlen angeführt, von denen sich die unter A auf einen Baum aus dem obersten Isartal, in der Höhe von 1838 m auf Kalkboden, 22 m unterhalb der obersten Baumgrenze gewachsen, B auf einen solchen aus dem Niederthal aus 1920 m Höhe beziehen.

Alter	Durchschn. Dicke eines Jahresringes in mm A	B
1—10 Jahre	2,1	0,7
10—20 „	2,7	1,1
20—30 „	2,1	1,6
30—40 „	1,3	1,8

[1]) Matthieu, a. a. O., S. 623—24.

[2]) Simony, a. a. O.

[3]) Kerner, a. a. O. 1864, S. 196. Simony, a. a. O. S. 257.

[4]) Siehe Sendtner, a. a. O.

[5]) a. a O. S. 578.

Alter		Durchschn. Dicke eines Jahresringes in mm A	B
40—50	Jahre	1,2	1,6
50—60	„	1,3	1,5
60—70	„	0,5	0,4
70—80	„	0,4	0,4
80—90	„	0,4	1,5
90—100	„	0,4	1,7
100—110	„	0,3	1,7
110—120	„	1,6	2,0
120—130	„	1,4	1,4
130—140	„	0,9	1,2
140—150	„	0,5	1,1
150—160	„	0,4	0,9
160—170	„		1,1
170—180	„		1,8
180—190	„		1,2
190—200	„		0,9

Die Ausbildung der Jahresringe ist natürlich auch von der Höhenlage des Standortes abhängig. Über die allmähliche Reduktion der mittleren Jahresringbreite der Arve mit zunehmender Meereshöhe enthält eine soeben erschienene Arbeit von M. Rosenthal[1]) folgende Angaben.

	Standort	Meereshöhe m	Alter Jahre	Mittlere Breite der Jahresringe in mm
Ast	Dahlem bei Berlin		8	0,725
Stamm	Innsbruck, Schiefer auf Waldboden	900	39	0,503
„	„ „ „ „ „	1900	ca. 72	0,500
Ast	„ Karrer-Pass	2200	29	0,336
„	Oberste Arve im Scarltal	2260	ca. 75	0,290

Die Jahresringe der obersten Arve im Scarl sind mithin nur etwa ein Drittel so breit, als diejenigen des in Dahlem bei Berlin kultivierten Baumes.

Wegen der geringen und meist gleichmässigen Breite der Jahresringe und da zudem das Herbstholz nicht sehr scharf von dem nur wenig helleren Frühjahrsholz unterschieden ist, besitzt das Holz eine ausserordentlich gleichmässige Beschaffenheit (30), welche es als Nutzholz für die Schnitzerei und die feinere Möbelschreinerei, besonders aber auch als Rohmaterial für schöne Getäfer sehr wertvoll macht. Es gilt dies in erster Linie für das feste Holz der Arven in den Alpen. Auf den moorigen Böden Sibiriens ist dasselbe dagegen von mehr schwammiger Beschaffenheit[2]).

Frisch geschlagenes Arvenholz ist weiss und nur schwach geadert. Der gelbliche Splint ist schmaler als bei unseren anderen Kiefern; das anfangs sehr hellgefärbte gelblich-rötliche Kernholz dunkelt am Licht und an der Luft nach, so dass es später eine schöne braunrote Färbung annimmt (224). Eingewachsene Äste zeigen in der Regel einen dunkleren Ton und treten so aus ihrer helleren Umgebung sehr auffällig und wirksam hervor.

[1]) Über die Ausbildung der Jahresringe an der Grenze des Baumwuchses in den Alpen. Dissert. Berlin 1904, S. 10.

[2]) Sendtner, a. a. O.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Arvenholzes ist seine grosse Leichtigkeit; es ist dies einerseits auf den sehr grossen Wassergehalt, anderseits auf die geringe mechanische Verdickung der Holzelemente und auf das Fehlen spezifisch schwerer Stoffe zurückzuführen. Nach Gayer (25) hat das Zirbenholz ein Lufttrockengewicht von 0,4—0,45, ein mittleres Trockengewicht = 0,44, ein absolutes Trockengewicht = 0,41; Woditschka (a. a. O.) gibt folgende Zahlen für das Holzgewicht pro Festmeter: grün 750 kg, halbgrün 677 kg, dürr 453 kg. Nach den Untersuchungen von R. Hartig (25) scheinen jedoch sogar diese Angaben noch zu hoch gegriffen zu sein. Nach diesem Autor ist das Trockengewicht des Arvenholzes, aus einem in Brusthöhe entnommenen Stammstück, nicht über 37% des Gewichtes des grünen Holzes; im ganzen Baum dürfte dieser Betrag sogar unter 35% liegen. Daraus ergibt sich, dass das Arvenholz das leichteste Holz aller deutschen Coniferen ist.

Die beiden folgenden, Hartig entnommenen Tabellen geben über das spezifische Trockengewicht, über Jahrringbreite in verschiedenen Altersstadien und über den jährlichen Flächenzuwachs Aufschluss.

110jährige Zirbenkiefer von 12 m Höhe, 28,5 cm Durchmesser, von einer Meereshöhe von 1450 m.

Alter in Jahren	Jahrringbreite	Jährlicher Flächenzuwachs in qcm	Spezifisches Trockengewicht
101—100 (10)[1]	1,25 mm	10,701	0,347
86—100 (15)	1,66 „	12,305	0,344
76—85 (10)	1,9 „	11,401	0,355
66—75 (10)	1,8 „	8,708	0,361
46—65 (20)	1,6 „	5,228	0,395
17—45 (25)	1,24 „	1,404	0,461
Durchschnitt	1,56 mm	6,787	0,351

90jährige *Pinus cembra* von Berchtesgaden.

Baumhöhe	Durchmesser	Holzteil	Ringbreite mm	Spezifisches Lufttrockengewicht	Spez. Trockengewicht
2 m	29,0 cm	Splint	2,0	0,400	0,363
		Grenze	2,4	0,4029	0,380
		Kern	3,0	0,4112	0,377
		Kern	1,7	0,4730	0,432
		Im Ganzen	1,9	0,4230	0,381

Nach Mathieu wechselt die Dichtigkeit des Holzes vou 0,418—0,525.

Die Herbstholzschichten der Jahresringe sind weniger dickwandig, als bei den zweinadeligen Kiefern; es wurde schon darauf hingewiesen, dass dadurch die gleichmässige Struktur des Arvenholzes mitbedingt wird, aber auch das geringe Gewicht des Holzes und dessen weiche Beschaffenheit steht damit in Zusammenhang. — (R.)

Der Eintritt der Blühbarkeit wurde bei Bäumen, die in Mitteldeutschland angebaut waren, schon mit dem 25. Jahre und selbst früher beobachtet, ohne

[1] Zahl der untersuchten Fälle.

dass aber keimfähige Samen ausgebildet wurden (29 a); Nördlinger (150) berichtet, dass in Hohenheim 40jährige Bäume Zapfen mit vortrefflichen Samen ansetzten. An den natürlichen Standorten sollen die Arven erst mit 60 Jahren blühbar werden. Die Blütezeit fällt in den Alpen in den Juni oder Juli. Die männlichen Blüten sind sitzend, 10—15 mm lang, von lebhaft gelber oder roter Farbe und eiförmiger Gestalt, die Antheren mit einem kurzen, dünnhäutigen Konnektivkamm versehen (224). Die kurzgestielten weiblichen Blüten sind aufrecht, über 10 mm lang, eiförmig, violett gefärbt, und stehen einzeln oder bis zu sechs beisammen an der Spitze eines jungen Triebes; die Deckschuppen sind grün, vorn rot überlaufen und bereift, an dem gezähnten Rande fast farblos, die Fruchtschuppen sind purpurviolett gefärbt, bläulich bereift, oberseits gewölbt und mit einem schwachen Kiel versehen (30). Die Bestäubungseinrichtung stimmt bis auf die eiförmige Gestalt der Fruchtschuppen mit der von *P. silvestris* überein. Nach der Befruchtung richten sich die Schuppen auf, wachsen an ihrer Ober- und Unterseite ziemlich gleichmässig, sodass sich an ihrer Spitze keine schildförmige Apophyse ausbildet (Fig. 136, 1, 2); die Fruchtschuppen sind schon frühzeitig mit papillenförmigen Epidermisauswüchsen ausgestattet, welche nach dem Aufeinanderlegen der Schuppen in einander eingreifen und verwachsen, wodurch ein enger Verschluss der Schuppen erreicht wird[1]). Später streckt sich der junge Zapfen nur wenig und bekommt eine fast kugelige Gestalt; im ersten Jahre erreicht er etwa Walnussgrösse und reift im Herbst des zweiten Jahres. Die Zapfen stehen dann ziemlich aufrecht, sind von eiförmiger Gestalt, stumpf, 5—8 cm lang, 3—5 cm dick, von zimmtbrauner (bei var. *helvetica Claire*, grüngelber) Farbe (Fig. 135). Im unreifen Zustand sind sie grünlich, violett überlaufen; das Gewebe der Schuppen bleibt bis zur Fruchtreife parenchymatisch und zur Reifezeit findet ein Eintrocknen des Parenchyms, besonders an der Basis der Schuppen statt, wodurch diese eine lederige Konsistenz bekommen und die Samen sich allmählich von ihnen lostrennen. Im unreifen Zustand enthalten die Schuppen reichliche Mengen von Harz; dasselbe ist in Gängen enthalten, welche nicht von sklerotischen Fasern umschlossen sind[2]). Es gewährt durch seinen Geruch und Geschmack den sich zwischen den Schuppen entwickelnden Samen dadurch einen Schutz, dass es den Tieren, welche den Samen nachstellen, unangenehm ist. — (K.)

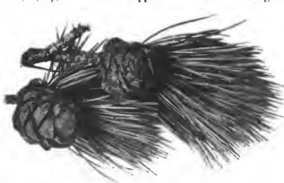


Fig. 135. *Pinus cembra.* Zweige mit Zapfen. Phot. von J. Sigrist, Davos. 1 : 2.

Die Samen, welche sich bisweilen nur in geringer Menge im Zapfen ausbilden, fallen mit diesem im Frühjahr des dritten Jahres von den Zweigen herab. Sie unterscheiden sich von den Samen aller andern *Pinus*-Arten dadurch, dass ihnen der Flügel fast vollständig fehlt; nur ein kaum erkennbarer Rest desselben umzieht als unregelmässiges dünnes braunes Band das Samenkorn zangenförmig und

---

[1]) Kramer, A., s. S. 173, Anm. 1.

[2]) Hanausek, s. S. 155, Anm. 1.

umschliesst es fest (78) (Fig. 136, 3, 4). Der eigentliche kurze Flügel bleibt mit der Fruchtschuppe verbunden und löst sich auch bei der Samenreife nicht ab[1]. Ein Flugorgan ist also nicht vorhanden und würde auch den grossen und schweren Samen bei ihrem Transport keinen Nutzen mehr gewähren. Die Samen („Zirbelnüsse")

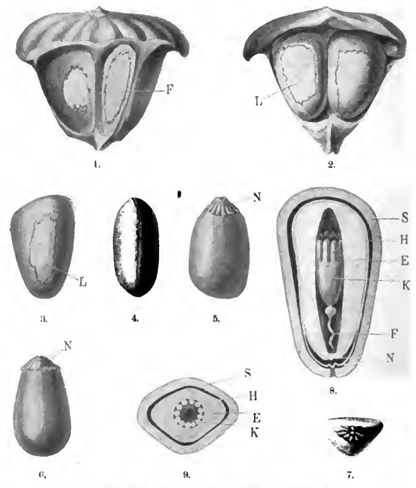


Fig. 136. *Pinus cembra.* Zapfenschuppen und Samen.

1. Zapfenschuppe von aussen, F Rest des Flügels. 2 : 1. — 2. Zapfenschuppe von innen, mit 2 Samen, L Stelle des abgerissenen Flügels, 2 : 1. — 3., 4. Same von der breiten Seite und von der Kante gesehen, 3 : 1. — 5. Same mit, 6. derselbe ohne Samenhaut, N mützenförmiger Rest des Nucellus, 3 : 1. — 7. Same von unten, 3: 1. — 8. Längsschnitt, 9. Querschnitt durch den reifen Samen, 6 : 1. S Samenschale, H Samenhaut, E Endosperm, K Keimling, F Embryoträger, N Nucellusrest. (Orig. Th. Hool.)

(Fig. 136, 3—9) sind von mattbrauner Farbe, verkehrt eiförmig, stumpfkantig, mit einer stark gewölbten und einer flacheren (ursprünglich der Schuppe anliegenden)

[1]) Matthieu, A., a. a. O., S. 623 f.

Seite; ihre Länge beträgt 9—14, die Breite bis 8 mm. Die Samenschale ist hart, holzig, 1,4—2 mm dick. Die beiden Samen einer Schuppe zeigen häufig etwas verschiedene Gestalt, indem der von der nächsthöheren Schuppe bedeckte in der Regel etwas weniger dick und unten stumpfer erscheint, als der an mehrere benachbarte Schuppen grenzende andere (30). 100 kg Zapfen liefern 17—20 kg Samen[1]), 1 Hektoliter Samen wiegt 50—60 kg, das Kilo enthält 4000—5000 Samen, sodass ein Same 0,20—0,25 g schwer ist; auch eigene Wägungen ergaben für 100 Samen ein Gewicht von 20 g. Mehr als die Hälfte des Gewichtes ist auf Rechnung der Samenschale zu setzen, nämlich nach Schuppe[2]) 56 %. Der Samenkern ist von einer zarten, im trocknen Zustand brüchigen inneren Samenhaut umgeben und enthält 33—56 % eines fetten, angenehm schmeckenden Öles, das aber leicht ranzig wird; im Endosperm liegt ein farbloser Embryo mit 8—12, meistens 10 kurzen, zusammenneigenden Kotyledonen, einem stark angeschwollenen Hypokotyl und einem hakenförmig gekrümmten Würzelchen (Fig. 137).

In der chemischen Zusammensetzung der Arvensamen ist neben dem grossen Gehalt an fetten Ölen der geringe Aschengehalt und die Anwesenheit von Stärke, die unseren übrigen Nadelholzsamen fehlt, auffallend. Nach Jahne[3]) enthalten die Samen 10,22 % Wasser, 23,13 % Ätherextrakt, 4,5 Proteïne, 22,8 % Harze und stickstoffreie Extraktstoffe, 37,94 % Rohfaser, 1,3 % Asche; Lehmann[4]) fand bei Arvensamen sibirischer Herkunft 56 % fettes Öl, 6 % Pflanzenalbumin, 2,7 % Zucker, 1,6 % Stärke, 9 % Wasser, 2,6 % Asche, in letzterer u. a. 24.16 % Kali und 32,11 % Phosphorsäure. In den von der Samenschale befreiten Samenkernen sind nach Schuppe (a. a. O.) enthalten: 3,95 % Wasser, 1,34 % Asche, 46,41 % Fette, 3,12 % Legumin und Globulin, 2,54 % sonstige in Wasser lösliche Eiweissstoffe, 3 % in Wasser unlösliche Albuminsubstanzen, 3,94 % Schleim und 35,3 % Zellulose. Wegen ihres Wohlgeschmackes werden die Zirbelnüsse als Leckerei zum Nachtisch, für Gebäcke und Mehlspeisen in den Alpengegenden und in Sibirien vom Menschen verwendet, und kommen in Tirol, auch in Augsburg und München, auf den Obstmarkt. Hin und wieder wird ein wohlschmeckendes Speiseöl aus ihnen gewonnen; 4 kg Samen liefern 1 kg Öl[5]). Aber dieser Gehalt an Nährstoffen ist auch die Ursache davon, dass den Arvensamen von zahlreichen Tieren nachgestellt wird. Im nördlichen Eurasien bilden sie die Hauptnahrung des Tannenhähers (*Nucifraga caryocatactes* Briss.) und auch bei uns gehört er neben dem Eichhorn und der Haselmaus[6]) zu den Liebhabern der Samen, denen er in solchem Grade nachstellt, das er in den Alpen als eines der grössten Hindernisse für eine ausgiebige natürliche Verjüngung der Arve betrachtet werden muss. Nichtsdestoweniger ist die Arve auf eine synzoische Verbreitung ihrer Samen, und zwar gerade durch die erwähnten Schädlinge, angewiesen; denn beim Abbrechen und Zerhacken der Zapfen verschleppen und verlieren die Vögel einige Samen, die hierdurch ausgesäet werden. Der Tannenhäher trägt bis zu 40 Samen in seinen Backentaschen fort und verpflanzt die Arve auch auf Felszinnen, wohin sie sonst auf keine Weise gelangen könnte (191). Auch Eichhörnchen, welche die auf den Ästen stehenden Zapfen zernagen, um die Samen zu fressen, und



Fig. 137. *Pinus cembra.* Embryo, 5 : 1. (Orig. Rikli.)

[1]) Matthieu, A., a. a. O., S. 623 f.
[2]) Archiv der Pharmacie. Bd. 217, 1880, S. 460.
[3]) L. Jahne, s. S. 154, Anm. 4.
[4]) Nach Botan. Jahresber. Bd. 18. 1. Abt. 1890, S. 90.
[5]) Woditschka, a. a. O.
[6]) Vgl. Keller, C. Forstlich-zoologischer Exkursionsführer. 1897, S. 250.

Haselmäuse, welche am Boden liegenden Zapfen nachstellen, verlieren wohl gelegentlich einen Samen und säen ihn damit aus.

Nur alle zehn, unter günstigen Umständen auch alle 6—8 Jahre, setzt die Arve im Alpengebiet eine grosse Menge von Zapfen an (30), dann ist aber die Produktionskraft eine so reichliche, dass die Bäume oft mit Zapfen förmlich überladen sind (Woditschka, a. a. O.); dazwischen gibt es dann wieder Jahrgänge, wo man lange suchen muss, um nur einige Zapfen aufzufinden. Samenjahre waren nach Coaz[1]) in der Schweiz die Jahre 1859, 1869 und 1884. In Nord-Russland und Sibirien scheint der Baum noch eine grössere Produktionskraft zu besitzen. Walewski[2]) gibt für das Gouvernement Perm an, dass hier alle zwei bis drei Jahre ein Samenjahr zu verzeichnen sei; nach diesem Autor sollen ein warmer Frühling und ein nicht zu dürrer Sommer wesentliche Vorbedingungen für ein gutes Samenjahr sein. — (R.)

10. Pinus strobus L. Weymouthskiefer. (Bearbeitet von Kirchner).

Die Weymouthskiefer ist erst zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Europa eingeführt worden, findet sich jetzt aber nicht nur in Gärten und Parks als Zierbaum angepflanzt, sondern ist schon seit länger als einem Jahrhundert in unserm Gebiet wegen ihrer wertvollen Eigenschaften bestandesmässig angebaut und darf jetzt als ein Glied des mitteleuropäischen Wirtschaftswaldes angesehen werden. In Bezirken, wo die Weymouthskiefer schon länger gebaut wird, hat sie sich sogar eingebürgert, so nach Wappes[3]) in der Gegend von Trippstadt in der bayerischen Pfalz, wo in alten Beständen natürliche Verjüngung eingetreten ist. Auch Nördlinger (150) erwähnt natürlichen Anflug als eine häufige Erscheinung.

Die Heimat des Baumes ist das östliche Nordamerika[4]), wo er, oft dichte Bestände bildend, von New-Foundland bis Georgia und im Westen bis Minnesota, Illinois und Iowa vorkommt. Die Nordgrenze des natürlichen Verbreitungsbezirkes verläuft zwischen 49 und 51° n. Br., die südlichsten Standorte in Alabama und Georgia liegen bei ca. 34° n. Br.; das Gebiet des besten Gedeihens des Baumes liegt in der Region der grossen Seen und im Bezirk des St. Lorenz-Stromes, in den Staaten Wisconsin, Michigan, Minnesota, Ontario, Quebec, Maine, New-Brunswick, New-Foundland und Nova Scotia, und beträgt mehr als 1 Million Quadratkilometer (Spalding). Die Weymouthskiefer bevorzugt die Ebene, steigt aber in Nordcarolina bis 1300 m, in den Adirondacks bis 760 m auf[5]) und zieht sich im südlichen Teil ihres Gebietes auf die Gebirge (nicht unter 600 m) zurück. Sie ist der wichtigste Waldbaum der westlichen Vereinigten Staaten; Spalding schätzt den Wert ihrer Produkte i. J. 1898 auf über 100 Millionen Dollar und gibt den gesamten Holzvorrat an Weymouthskiefern zu ca. 260 Milliarden Festmeter, den jährlichen Ertrag zu 14 Milliarden Festmeter an. Dabei sollen die gegenwärtigen Bestände nur noch 22% der ursprünglichen ausmachen.

---

[1]) Zeitschrift für das schweiz. Forstwesen. Bd. 9, Heft 4.

[2]) Zeitschrift des St. Petersburger Forstvereins. 1875, Dezemberheft.

[3]) Forstlich-naturwissensch. Zeitschrift. Bd. 5. 1896. S. 205.

[4]) Über die Entwickelung und das sonstige Verhalten von *Pinus Strobus* in Nordamerika gibt Auskunft: The White Pine (*Pinus Strobus L.*), by V. M. Spalding, revised and enlarged by B. E. Fernow. Bulletin No. 22. U. S. Department of Agriculture, Division of Forestry. Washington 1899. Diese Monographie ist im Text vielfach benützt und unter dem Namen der beiden Autoren zitiert worden.

[5]) Britton, N. and Brown, A. Illustrated Flora of the Northern United States, Canada and the British Possessions. New-York. 1896—98. Vol. 1. p. 50.

A. Engler[1]) unterscheidet in der pflanzengeographischen Gliederung Nord-Amerikas eine „Zone der *Pinus strobus*“, deren Umfang sich mit der Verbreitung dieser Pflanze deckt, wie sie auf der Karte bei Spalding angegeben ist. Sie kommt entweder in reinen Beständen vor, oder gemischt mit *Tsuga canadensis* Carr., *Pinus resinosa* Sol., *P. divaricata* Sudw. und Laubhölzern (Buche, Ahorn, Birke, Eiche, Kastanie); die Begleitpflanzen s. bei Engler a. a. O.

Neben ihrer Schnellwüchsigkeit und der Güte ihres Holzes verdankt die Weymouthskiefer ihre Einführung in unsere Forste ihrer ungemeinen Anspruchslosigkeit in Bezug auf Boden und Klima. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet findet sie sich noch in Gegenden mit einer mittleren Jahrestemperatur von + 5° C und mit Wintern, in denen — 42° C. beobachtet worden sind; sie ist deswegen bei uns gegen Winterkälte ganz unempfindlich, zudem auch dem Schneebruch wenig unterworfen (30). Sie liebt zwar frischen uud nahezu nassen Boden, gedeiht aber auch noch auf trockeneren Böden verhältnismässig gut; nur ganz trockene Sandböden, Flugsand und die schlechtesten Kieferböden meidet sie und wird auf ihnen von der gemeinen Kiefer bald überholt. Ihre beste Entwicklung findet sie in ihrer Heimat längs der Wasserläufe nnd am Ufer der Seen, auch auf grossen Alluvialebenen. Die Ansprüche, welche die Weymouthskiefer an das Licht macht, sind so gering, dass sie Beschattung von oben und von der Seite gut erträgt, und in dieser Hinsicht etwa zwischen der Fichte und der Tanne steht. Spalding sagt über ihre Fähigkeit, Beschattung zu ertragen: Sie übertrifft in dieser Beziehung alle andern Kiefern, die gewöhnlich lichtbedürftig sind; sie ist infolge davon befähigt, sehr dichte Bestände zu bilden mit grösserer Stammzahl und grösserem Ertrag, als die lichtbedürftigereu Arten; nicht nur bleiben die unteren Äste sehr lange lebend, sondern sie bleiben auch nachher noch lange erhalten; astreinere Bestände bilden sich in Mischung mit schattenden Begleitern. Mit der Fichte verträgt sie sich (in Deutschland) in Mischbeständen gut, da sie von dieser im Höhenwachstum etwa vom 50. Jahre an überholt wird, aber den Schatten erträgt; mit der gem. Kiefer gemischt überwächst sie diese auf besseren Standorten etwa vom 30. Jahre an und unterdrückt sie durch Lichtentzug.[2])

Hinsichtlich der Bodenart ist die Weymouthskiefer wenig wählerisch; zwar sagen ihr ton- oder lehmhaltige Böden am besten zu, aher auch auf lehmarmem, doch humosem Sandboden wächst sie kräftig und kommt noch auf den an mineralischen Nährstoffen und Humus ärmsten Unterlagen fort; nur die heissen, leicht austrocknenden Kalkhöden sagen ihr nicht zu (30). Ob der Baum, wie angegehen wird, selbst die gemeine Kiefer und die Birke an Anspruchslosigkeit ühertrifft, darüber sind die Ansichten der Forstwirte geteilt. Ramann,[3]) welcher den Standpunkt vertritt, dass die Ansprüche der Baumarten im wesentlichen durch die Menge und den Aschengehalt der Blätter bedingt werden, schliesst aus dem von ihm gefundenen Aschengehalt der Weymouthskieferblätter von 1,31 % der Trockensubstanz auf sehr grosse Anspruchslosigkeit des Baumes; Ebermayer (18) folgert aus dem mittleren Aschengehalt der Blätter, welcher 2,35 % der Trockensubstanz, davon 0,37 % Phosphorsäure, beträgt, dass er in seinen Ansprüchen an den Boden zwischen der Fichte und der gemeinen Kiefer steht. Auch Holzkörper und Rinde sind nach R. Weber[4]) an Mineralstoffen auffallend arm, in einem von ihm untersuchten 66jährigen Stamm betrug

[1]) A. Engler, Die pflanzengeographische Gliederung Nordamerikas. Notizblatt des Kgl. Bot. Gartens und Museums zu Berlin. Appendix IX. 1903.

[2]) Wappes, L., a. a. O.

[3]) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 15. 1883. S. 1.

[4]) Forstlich-naturwissenschaftl. Zeitschrift. Bd. 2. 1893. S. 213.

z. B. die Reinasche des Holzes 0,104 %, die der Rinde 0,346 %; diese Armut bezieht sich in erster Linie auf den Kalkgehalt, während das Kali in Holz und Rinde etwa $^1/_4$ der Asche ausmacht, und ein Gehalt an Tonerde bis zu 6,30 % der Asche festgestellt wurde. Die Rinde enthält nur ca. $^1/_8$ vom Reinaschegehalt der Kiefernrinde, darin aber 13,24 % Phosphorsäure. Einen grossen Teil der dem Boden entzogenen Nährstoffe ersetzt die Weymouthskiefer wieder durch ihre reichliche Nadelstreu, welche im dichten Bestande kaum eine Bodenvegetation aufkommen lässt.

Die Keimung der Samen wird durch eine intermittierende Erhöhung der Temperatur über 20° C begünstigt[1]) und verläuft wie bei den übrigen *Pinus*-Arten, doch zieht sich das vollständige Auskeimen des Saatgutes über eine sehr lange Zeit hin. Die Keimfähigkeit der Samen beträgt durchschnittlich 61 %, für Nordamerika werden 75 % angegeben. Der Same soll (nach Spalding) bis zu 5 Jahren seine Keimfähigkeit behalten. Das Keimpflänzchen trägt auf seinem meist rötlich gefärbten Hypokotyl einen Quirl von 8—11 rein grünen Kotyledonen, welche ca. 25 mm lang, 3kantig und auf ihrer Innenkante meistens etwas gesägt sind; sie haben einen ähnlichen anatomischen Bau, wie die der Arve, zeigen aber in der Regel nur 2 in den Seitenkanten liegende Harzgänge. Die Primärnadeln sind flach, beiderseits rein grün, an den Rändern gesägt, etwas schmäler als bei der Arve; sie unterscheiden sich von den Blättern der Kurztriebe durch Vorhandensein von Spaltöffnungen auf der Epidermis beider Seiten und durch Fehlen des Hypoderms (13). Vom 2. Jahre an beginnt die Bildung der Kurztriebe, vom 3. an die von Astwirteln; in den nächsten Jahren entwickeln sich nicht selten Nachschosse durch Prolepsis der Knospen. Nach den Angaben von Th. Hartig (29a) und von Hempel und Wilhelm (30) ist die Pflanze schon in der Jugend auf ihr zusagendem Boden sehr raschwüchsig, sodass vielleicht mit Ausnahme der Pappel keiner unserer einheimischen Waldbäume ihr darin gleich kommt; im Alter von 3 Jahren pflegt sie eine Höhe von über 30 cm erreicht zu haben, mit 10 Jahren ist sie 3—5 m hoch (29 a, 30). Auch amerikanische Züchter geben an, dass die jungen Pflanzen im 1. Jahr 5—7$^1/_2$ cm, im 2. Jahr 10—15 cm, im 3. Jahr 30—37 cm, im 4. Jahr 60—75 cm hoch werden. Im Walde gemessene, durch natürliche Aussaat angeflogene Pflanzen zeigten dagegen nur folgende mittlere Höhen:

im 1. Jahr	3,7 cm	im 4. Jahr	20 cm
„ 2. „	7,5 „	„ 5. „	30,7 „
„ 3. „	12,5 „	„ 6. „	70,75 „ (Spalding).

Mit den letzteren Zahlen zeigen diejenigen eine ziemliche Übereinstimmung, welche Ph. Flury[2]) für junge, auf Tonboden erwachsene Pflanzen erhielt; danach betrug die durchschnittliche Höhe:

im Alter von	bei grossen	mittleren	kleinen Exemplaren
1 Jahr	3	2	1 cm
2 „	5	4	3 „
3 „	10	7	5 „
4 „	22	13	8 „
5 „	53	28	16 „
6 „	102	56	25 „

Die Bewurzelung ist ausserordentlich stark und reicher ausgebildet als bei *P. silvestris*: eine mächtige Pfahlwurzel entwickelt weit ausreichende Seiten-

[1]) Burchard, O. nach Botan. Jahresbericht. Bd. 22. Abt. 1. 1894. S. 226.
[2]) Schweiz. Centralblatt f. d. forstliche Versuchswesen. Bd. 4. 1895. S. 189.



wurzeln (29a)[1]. Bei jungen Pflanzen gehen vom Wurzelhalse kräftige, horizontal und in die Tiefe streichende Hauptwurzeln aus, die sich an 5jährigen Pflanzen bis in die 4. Ordnung anzweigen (19). An den auf weite Strecken mit starken braunen Haaren besetzten Langwurzeln entspringen gabelig verzweigte, haarlose Kurzwurzeln, welche zu Mykorrhizen umgebildet sind (8). Das Vorkommen der letzteren ist zuerst von Frank[2]) erwähnt worden, doch ist über die Allgemeinheit ihres Auftretens oder die Bedingungen desselben nichts näheres bekannt. Während des Winters sind die Wurzeln dunkel gebräunt; die untere Temperaturgrenze für ihr Wachstum, wie für das der Sprosse, liegt bei 5—6° C (19).

Die Verzweigungsweise der Achsen ist im ganzen dieselbe, wie bei den übrigen *Pinus*-Arten: die der Verlängerung der Hauptachse dienende Endknospe ist von 4—8 Quirlknospen umgeben, welche sich sehr regelmässig und etwas steif entwickeln (29a). Die aus den Winterknospen hervorwachsenden Endtriebe zeigen dieselbe aufrechte Stellung, wie bei *P. silvestris*; später sinken sie so rasch abwärts, dass schon gegen Mitte Juli die Seitenzweige 1. Ordnung Winkel von 50—60° mit der Hauptachse bilden. Dabei sind die Triebe der ganzen Länge nach in weitem Bogen aufwärts gekrümmt, sodass ihre Enden oft noch beinahe senkrecht bleiben. Das Abbiegen der Triebe schreitet dann noch weiter fort und die einjährigen Zweige sind mit ihrem unteren Teile bereits ziemlich horizontal gerichtet. An den älteren Ästen, deren Enden schon eine sehr geneigte Lage haben, geht das Auswärtsbiegen der an verschiedenen Seiten des Astes stehenden Seitentriebe nicht gleichmässig vor sich. Die auf der oberen Seite stehenden Triebe behalten fast ihre ursprüngliche Stellung und bleiben annähernd senkrecht, während zu gleicher Zeit die an der Unterseite inserierten Triebe sich so schnell senken, dass sie gegen Ende der ersten Vegetationsperiode gewöhnlich schon eine ungefähr horizontale Lage einnehmen. Zu den diese Wachstumsbewegungen hervorrufenden Ursachen, von denen bei *P. silvestris* die Rede war (vergl. S. 183 f.), gesellt sich bei *P. strobus* noch eine unter den gewöhnlichen Bedingungen nicht hervortretende, sondern erst bei Klinostatenversuchen bemerkbare Epinastie der Zweige; das Bestreben der Seitentriebe, unabhängig von der geotropischen Nachwirkung auf ihrer der Abstammungsachse zugewendeten Seite stärker in die Länge zu wachsen, wird anfänglich durch den negativen Geotropismus verdeckt, wirkt aber später im Sinne der Wegkrümmung (7). Die Grösse des Achsenwinkels, welchen die Seitentriebe 1. Ordnung mit der Hauptachse bilden, stellte Burtt (7) von durchschnittlich 50,9° an vorjährigen Zweigen bis auf 90° an 8jährigen fest, der geotropische Winkel der Zweigenden steigt in derselben Weise von 25 auf 45°; zwischen den Seitentrieben 1. und 2. Ordn. beträgt der Achsenwinkel 28—55°, die Neigung 28—30°, zwischen den Seitentrieben 2. und 3. Ordnung der Achsenwinkel 33—45°, die Neigung 29—30°. Die Bildung der polykormischen Krone vollzieht sich wie bei *P. silvestris*. Bei ungestörter Entwicklung behält sie auch im Alter ihre anfängliche schlanke Kegelform und reicht auch an Bäumen, welche im Schluss erwachsen, tiefer herab als bei *Pinus silvestris* und *P. nigra*; bei freiem Stande behält der Stamm sehr lange seine unteren Äste. Noch an 30 m hohen Bäumen können die Astquirle sehr deutlich bis zum Boden hin verfolgt werden, wie bei keiner andern Holzart. Sehr charakteristisch für die Kronenbildung ist die Eigentümlichkeit, dass manche Äste, regellos verteilt, sich weit stärker verlängern als die übrigen, und so über den allgemeinen Umriss der Krone hinausragen.

In den Achseln der am oberen Teil der Langtriebe sitzenden Schuppen-

[1]) Die Angaben Spaldings für die amerikanischen Weymouthskiefern stehen damit im Widerspruch, denn er schreibt ihnen eine oberflächliche Bewurzelung zu.

[2]) Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft. Bd. 3. 1885. S. XXXII.

blätter entwickeln sich die Kurztriebe, welche nahe beisammen und an der Spitze der Zweige dicht gedrängt stehen; am unteren Ende produzieren die Zweige auf einige Zentimeter Länge keine Kurztriebe. Diese beginnen mit einer aus gelblichbraunen langen losen glänzenden Schuppenblättern gebildeten Scheide, welche teilweise schon im Lauf des ersten Jahres abfällt, und enden mit 5, selten 4 Nadeln von 6—10,5 cm Länge und etwa $^1/_2$ mm Dicke. Sie sind feiner und weicher als die der Arven, von einer mehr dunklen Farbe, dreikantig, spitz, auf den beiden Seitenflächen von den dort liegenden 3—5 Spaltöffnungsreihen blaugrün gefärbt, an den Kanten feingesägt. Wie die Nadeln der Arve, denen sie auch im anatomischen Bau sehr ähnlich sind, enthalten sie in dem wenig umfangreichen Transfusionsgewebe nur ein Gefässbündel ohne Sklerenchymfasern und tragen auf der gewölbten Unterseite keine oder fast keine Spaltöffnungen; die Epidermiszellen sind weniger dickwandig als bei *P. Cembra*, das Hypoderm ist dünnwandig und nur eine Zellreihe stark, Harzkanäle sind in der Regel nur 2 vorhanden, sie werden von einer Lage von Zellen umscheidet, welche den Hypodermfasern ganz ähnlich und ebenfalls nur wenig verdickt sind, und liegen der Epidermis der Blattunterseite dicht an (30, K). Wegen des verhältnismässig zarten Hautgewebes der Nadeln ist der Baum gegen Lufttrockenheit bei mangelnder Wasserzufuhr aus dem Boden empfindlich.

Die Entwicklung der Nadeln beginnt (in Wien) durchschnittlich am 21. Mai (224); sie werden $1^1/_2$—$4^1/_2$, in der Regel aber nur 2 Jahre alt und fallen nach ihrem Absterben in derselben Weise ab, wie bei *P. silvestris*; dabei hinterlassen sie rundliche, nur wenig hervortretende Narben. Im ersten Jahre sind sie an den Zweigenden aufgerichtet, am 2jährigen Trieb stehen sie viel weiter vom Zweige ab, auch führen sie in der Kälte Bewegungen aus, indem sie sich dichter an den Zweig anlegen (K). Diese wohl als chionophob zu deutenden Lageveränderungen sind auch von Nördlinger (150) beobachtet worden, die von Hofmeister[1]) und von J. W. Moll[2]) geschilderte Bewegung, bei welcher sich die Nadeln in der Kälte um 12—14° senken und nach dem Auftauen sich wieder aufrichten sollen, habe ich dagegen nicht wahrnehmen können. Die Nadeln duften stark und sind nach Anders und Miller[3]) in erheblichem Masse im stande, Ozon zu erzeugen.

Die Winterknospen sind eiförmig, zugespitzt, etwa 10 mm lang, ihre ca. 30—40 Schuppen dünn, braun mit farblosem dünnem Rande, dicht über einander liegend und Harz absondernd. In ihrem Bau gleichen sie den Knospenschuppen von *P. cembra*, an ihrer Unterseite tragen sie Drüsenhaare und mehrzellige, dickwandige einfache Haare (79).

Das Höhenwachstum der Weymouthskiefer ist besonders in der Jugend sehr bedeutend; in verschiedenen Altersperioden zeigen die Höhen folgende Verhältnisse:

Im Alter von	I[4])	II[5])
10 Jahren	3—5 m	4 m
20 „	8—10 „	12 „
30 „	12—14 „	17,2 „

[1]) Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. S. 279.

[2]) Archives Néerlandaises des sc. exactes et naturelles. t. 15. 1880. p. 345.

[3]) American Naturalist. Vol 19. 1885. p. 858.

[4]) Im Durchschnitt aus verschiedenen Angaben nach Hempel und Wilhelm (30).

[5]) Nach M. Endres in Allgem. Forst- u. Jagdzeitung. Bd. 66. 1890. S. 206. — Die Angaben sind Durchschnittszahlen von 9 auf bestem Standort I. Bonität in Mischung mit Tanne, Fichte, Kiefer und Lärche erwachsenen, ca. 112jährigen Bäumen aus einem Revier in der Nähe von Karlsruhe i. B.

Im Alter von	I	II
40 Jahren	16—18 m	21,4 m
50 „	19—21 „	24,6 „
60 „	22—24 „	27,0 „
70 „	25—27 „	29,0 „
80 „	28—29 „	30,6 „
90 „	30—31 „	31,7 „
100 „	32—33 „	32,6 „
110 „	—	33,2 „

Bei den unter II angeführten Bäumen betrug der Höhenzuwachs in 5jährigen Perioden:

im Alter von	m	im Alter von	m
5—10 Jahren	2,0	60—65 Jahren	1,0
10—15 „	3,9	65—70 „	1,0
15—20 „	4,1	70—75 „	0,8
20—25 „	2,8	75—80 „	0,8
25—30 „	2,4	80—85 „	0,6
30—35 „	2,3	85—90 „	0,5
35—40 „	1,9	90—95 „	0,5
40—45 „	1,6	95—100 „	0,4
45—50 „	1,6	100—105 „	0,3
50—55 „	1,4	105—110 „	0,3
55—60 „	1,0		

Sehr deutlich ist in diesen Zahlen die grosse Periode des Höhenwachstumes ausgedrückt, deren Kulminationspunkt zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr liegt. Auch nach den Beobachtungen von Wappes (a. a. O.) über einen der ältesten Weymouthskieferbestände Deutschlands bei Trippstadt lag das Maximum des jährlichen Höhenzuwachses in einem Falle mit 92 cm in einem Alter von 17—18 Jahren, in einem andern zwischen dem 18. und 27. Jahre mit 89 cm. Nach Messungen an 8 freistehenden Bäumen einer Allee in Ann Arbor (Michigan) betrug dort der jährliche Höhenzuwachs vom 1.—6. Jahr im Mittel 15,75 cm, vom 7.—12. Jahr 45 cm, vom 13.—18. Jahr 69 cm, vom 19.—24. Jahr 65 cm (Spalding).

Nach Endres (a. a. O.) zeigte die Weymouthskiefer in dem erwähnten Mischbestande, ebenso wie gemeine Kiefer und Lärche, in der Jugend ein rascheres Wachstum, als Fichte und Tanne, wurde von diesen aber im 60.—70. Jahre eingeholt und später überholt; bezüglich der Raschwüchsigkeit in der Jugend wurde sie nur von der Lärche übertroffen. Ein 112jähriges Exemplar in demselben Bestande hatte eine Höhe von 34,2 m, und von Schier[1]) wird ein 120jähriger Baum von 37,5 m, ein 124jähriger von 40 m Höhe erwähnt. In Nordamerika erreicht der Baum nach Britton und Brown (a. a. O.) eine Höhe bis zu 53 m, nach Spalding im Staate Maine, dem „Kiefern-Staat", sogar bis 76 m.

Vom Verlaufe des Höhenwachstumes der Weymouthskiefer in ihrer Heimat gibt Spalding folgende Darstellung, die sich auf im Schluss erwachsene Bäume reiner Bestände bezieht. Das langsame Wachstum des Sämlings wird vom 6. Jahre an durch eine rasche Höhenzunahme abgelöst, welche im 10. Jahre ein Maximum von 40 cm bei herrschenden Stämmen erreicht; bei mitherrschenden Stämmen verschiebt es sich auf das 20. Jahr und beträgt 32,5 cm, bei unterdrückten auf das 40. Jahr mit weniger als 30 cm. Von diesem Maximum aus sinkt der Höhenzuwachs konstant, am raschesten bei den herrschenden Stämmen. Im 100. Jahr

[1]) Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Bd. 25. 1901. S. 177.

ist der Höhentrieb bei letzteren auf 15, bei beherrschten auf 17,5 cm herabgesunken; vom 160.—170. Jahre an zeigen die Stämme aller Klassen nur noch einen Zuwachs von 5 cm, welchen sie gleichmässig noch ein weiteres Jahrhundert beibehalten. So kommt es, dass die Krone sich niemals abflacht. Sehr alte, 400jährige und ältere Bäume erreichen selten eine grössere Höhe als 58,8 m; ganz ausnahmsweise wurde die Höhe von 61 m gemessen. In Mischung mit andern Holzarten steigert sich das Höhenwachstum der Weymouthskiefer.

Bezüglich des Dickenwachstumes der Stämme macht Endres folgende Angaben. Es betrug in 1,3 m Höhe

im Alter von	der Stammdurchmesser cm	der durchschn. jährl. Dickenzuwachs seit 10 Jahren — mm
10 Jahren	4,5	—
20 „	19,6	15,1
30 „	28,4	8,8
40 „	35,0	6,6
50 „	40,5	5,5
60 „	44,0	3,5
70 „	47,0	3,0
80 „	49,7	2,7
90 „	51,8	2,1
100 „	53,5	1,7
110 „	55,0	1,5

Darnach ist die Zunahme des Durchmessers in der Jugend ebenfalls sehr bedeutend, sinkt nachher aber gleichmässig und stark; auf die Fläche des Jahrringes im Querschnitt bezogen tritt das Maximum des Zuwachses zwischen dem 20. und 30. Jahre ein. Für Nordamerika schildert Spalding den Gang des Dickenwachstumes in geschlossenen, gut gepflegten, reinen Beständen folgendermassen: Es ist am Sämling sehr gering, an jungen Bäumen sehr stark, sodass hier die Jahrringbreite 4—12,5 mm beträgt; gleichzeitig mit dem Höhenwachstum nimmt auch das Dickenwachstum ab. Bei 60—80jährigen Bäumen ist der Jahrring gewöhnlich nur noch 2 mm breit und sinkt allmählich auf 1,7, selten bis auf 1 mm. Wüchsige Bäume erreichen im Walde mit 40 Jahren einen Durchmesser von 15—22,5 cm in Brusthöhe, mit 50 Jahren 25—28 cm, mit 80 Jahren 37,5—42,5 cm, mit 100 Jahren 45—50 cm. Um einen Durchmesser von 75—100 cm zu erreichen, was der gegenwärtig nur noch selten zu findenden besten Marktware entspricht, sind mehr als 200 Jahre erforderlich; an Bäumen im Alter von 400—450 Jahren finden sich Stammdurchmesser von 125—160 cm und darüber. Stämme von 1 m Durchmesser bei einem Alter von 300 Jahren waren früher keineswegs selten. Das Maximum des Flächenzuwachses auf dem Querschnitt tritt nach Spalding zwischen dem 60. und 120. Jahr ein. Der Gipfelpunkt des jährlichen Zuwachses der Schaftmasse des Stammes fällt nach Endres zwischen das 45. und 50. Jahr; nach den Beobachtungen von Wappes erwies sich bei Trippstadt die Weymouthskiefer der gemeinen Kiefer weit überlegen und übertraf auch noch die Fichte, obgleich sie im Höhenwachstum von beiden etwas überflügelt wurde.

Das Holz zeigt breite, aber wenig deutliche Jahrringe, in jedem derselben nur einen Kreis von weiten Harzkanälen; die Ausbildung des rötlichgelben Kernholzes beginnt nach Wappes oft schon im 17.—18. Jahr und schreitet zwar langsam, immerhin aber viel schneller als bei der gemeinen Kiefer vor; erst vom 50.—60. Jahre an wird der Splintring schmäler, bei 100jährigen Stämmen geht er oft auf 2, selbst 1,5 cm Breite zurück. Das spezifische Gewicht beträgt frisch 0,45—1,02, durchschnittlich 0,83, im trockenen Zustande bei ganzen haubaren

Stämmen durchschnittlich 0,37, die Druckfestigkeit 420 kg pro 1 qcm; danach steht das Weymouthskieferholz bezüglich des spez. Trockengewichtes hinter dem von Kiefer, Fichte und Tanne zurück, übertrifft aber letzteres (400 kg) an Druckfestigkeit. Die Verteilung von Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes im Stamm stimmt mit den entsprechenden Verhältnissen bei *P. silvestris* überein (71). Nach Ramann und Will[1]) nimmt der Aschengehalt im Stamme (vgl. S. 273) gegen die Krone hin absolut zu.

In der primären Anordnung der Gewebe findet man in der Rinde der Achsenorgane nur einen Kreis von Harzkanälen; diese, sowie die im Baste enthaltenen verlaufen bisweilen radial, indem sie an einem Ende rechtwinkelig umbiegen.[2]) Die relative Verteilung der Harzkanäle in Holz und Rinde ist verschieden von derjenigen bei *Pinus silvestris,* und die Rinde bei *P. strobus* verhältnismässig harzreicher: an zweijährigen Pflanzen fand Knowles[3]) im 2. Jahrring bei *P. strobus* 28 Harzgänge in der Rinde und 27 im Holz, bei *P. silvestris* 9 in der Rinde und 37 im Holz. Die Epidermis der jungen Zweige ist — trotz der gegenteiligen Angaben in den systematischen Werken — ziemlich dicht braunhaarig, sie trägt nach v. Tubeuf (79) einfache und Drüsenhaare; schon im 1. Jahre beginnt sie abzuschülfern und wird durch eine unter ihr sich bildende dünne Korklamelle ersetzt, sodass die Triebe jetzt schon eine schwarzbraune Farbe annehmen. Etwa bis zum 20. Jahre bleibt die Borke glatt und geschlossen, glänzend, von schwärzlichgrauer Farbe, mit kleinen Lentizellen versehen; später, im 20.—30. Jahre, dringt die Borkebildung so tief in den Stamm ein, dass von der lebenden Innenrinde, wie bei *P. nigra,* nur ein wenige mm breiter Mantel übrig bleibt; die Borkeschuppen sind kleiner als bei jener, mehr zusammenhängend und an der Oberfläche weniger glatt, sie bilden gekrümmte, 0,4 mm und darüber dicke Platten. In der Borke erweitern sich die Harzkanäle oft zu kleinen Harzbeulen (53, 30).

Die wahrscheinlich ältesten Weymouthskiefern in Deutschland (im exotischen Garten zu Hohenheim) sind etwa 130 Jahre alt[4]); die von Spalding und Fernow in Nordamerika untersuchten Bäume hatten ein Alter bis zu 461 Jahren.

Die Blühbarkeit tritt bei freistehenden Bäumen schon im 12.—15. Jahre, nach Spalding in Nordamerika im 15.—20. Jahr, im Schlusse selten vor dem 50. Jahre ein; ältere Bäume tragen alle 2—3 Jahre Samen. Nach Wappes (a. a. O.) hatten gutwüchsige Exemplare im Einzelbestand oft schon mit 17—18 Jahren Zapfen und war die Samenproduktion im allgemeinen frühzeitig, häufig und reichlich, sodass von der 15 ha grossen, mit Weymouthskiefern bestandenen Fläche in manchen Jahren 500—600 Hektoliter Zapfen mit ebensoviel Kilo Samen geerntet wurden. In Amerika sind Fehljahre sehr häufig, es werden wohl Zapfen gebildet, aber ihre Samen sind taub; Dawson rechnet auf je 5 Jahre ein Samenjahr (Spalding). Die Blütezeit fällt in den Mai oder Anfang Juni, die Bestäubungsverhältnisse unterscheiden sich von den bei *P. silvestris* geschilderten nur in unwesentlichen Punkten. Die männlichen Blüten stehen meist zu 5—6, auch in grösserer Zahl beisammen, sind gestielt, am Grunde von bräunlichen Schuppen umgeben, eiförmig, 9—15 mm lang, ihre Antheren tragen einen aufrechten, kurzen, häutigen Konnektivkamm. Die weiblichen Blüten stehen einzeln oder zu 2—5 aufrecht an den Zweigspitzen, sie sind lang gestielt, schlank walzenförmig, 12—15 mm lang und bestehen aus rötlichen, rundlichen Deckschuppen und ungekielten dicken, horizontal stehenden Fruchtschuppen,

---

[1]) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. 11. 1882. S. 54.
[2]) E. Sanford in American Naturalist. Vol. 21. 1887. p. 178.
[3]) Botanical Gazette. Vol. 11. 1886. No. 8.
[4]) C. Fischbach in Forstwissenschaftl. Centralblatt. Bd. 4. 1882. S. 398.

welche oberseits bläulichgrün, unterseits gelbgrün gefärbt sind. Die Stiele der weiblichen Blüten sind mit zungenförmigen, bräunlichen, am Rande gewimperten Schuppen besetzt und mit rückwärts gerichteten weisslichen Härchen bekleidet (30).

Nach der Bestäubung wachsen die Fruchtschuppen auf ihrer Ober- und Unterseite gleichmässig und verdicken sich wenig, bilden deshalb an der Spitze keine schildförmigen Apophysen aus; die Schuppen richten sich auf und legen sich mit ihren mittleren Teilen dicht auf einander, wobei sie nach A. Kramer (a. a. O.) dadurch eng verwachsen, dass die beiderseitigen Epidermen mit papillenartigen Auswüchsen ineinander greifen. Die jungen Zapfen erreichen bis zum Herbst eine Länge von etwa 2 cm bei 5—7 mm Dicke. Sie behalten noch ihre aufrechte Stellung und zeigen eine rötlichbraune Farbe, welche davon herrührt, dass das im Innern noch vorhandene Chlorophyllparenchym von einem mehrschichtigen braunwandigen Korkgewebe verdeckt wird, welches sich unter der stark cuticularisierten Epidermis der Aussenseite der Schuppen entwickelt hat. Erst im folgenden Frühjahr biegen sich die Zapfen auf ihren Stielen nach abwärts und vergrössern sich rasch; man kann jetzt an ihnen, ähnlich wie bei *Pinus silvestris*, den im Vorjahre gewachsenen bräunlichen Endteil der Schuppen von dem grünlichen, noch im Wachstum begriffenen unterscheiden. Sie reifen im September des 2. Jahres, zeigen nun eine spindelig-walzenförmige Gestalt, eine Länge von 10—16 cm und eine Dicke von ca. 3 cm; die Fruchtschuppen sind braun, verholzt, aber dünn, und nur an der Unterseite ihrer Basis Sklerenchymzellen führend, teilweise mit Harz überzogen; sie spreizen sich bald nach der Reife infolge des Eintrocknens ihres parenchymatischen Gewebes auseinander und lassen die mit einem 20—25 mm langen, fest sitzen bleibenden Flügel versebenen Samen ausfallen. Dieser Flügel greift mit seinen unteren zangenartigen Enden, welche bedeutend verdickt sind, auf Ober- und Unterseite des Samens über, hält ihn dadurch fest, bricht aber leicht oberhalb der Zange ab; der Samen ist dem von *P. nigra* sehr ähnlich, 5—7 mm lang, auf beiden Seiten dunkelbraun und etwas marmoriert, oberseits glänzend und meist dunkler gefärbt; der Embryo trägt 8—11 Kotyledonen. Das Gewicht des Samens beträgt (ohne Flügel) 17—22 g. Die leeren Zapfen bleiben noch lange an den Bäumen hängen (30. **224. 186**).

Die Weymouthskiefer dient nach Teichert (a. a. O.) als Unterlage zur Veredelung für die übrigen 5nadeligen *Pinus*-Arten.

6. Gattung Cupressus L.

11. Cupressus sempervirens L. Cypresse. (Bearbeitet von Kirchner).

Der in den Gebirgen Nordpersiens und des östlichen Mittelmeergebietes einheimische Baum ist bereits seit dem Altertum in Italien eingeführt und jetzt auf der Südseite der Alpen auch in unserem Gebiet häufig angebaut, bisweilen eingebürgert. Er findet sich am Genfersee, im Kant. Tessin, in Südtirol, Istrien, Südkrain, ja an begünstigten Örtlichkeiten auch nördlich der Alpen noch in ungehinderter Entwickelung, so bringt er z. B. auf der Mainau im Bodensee keimfähige Samen hervor und gedeiht auch in Neuchatel, Romanshorn und bei Metz.

Die Cypresse gehört zu den immergrünen Sklerophyllen der Mediterranflora, deren trockenem Klima sie durch die Reduktion der Blattflächen angepasst erscheint. Ihr Fortkommen hängt von den im Winter eintretenden Minimal-Temperaturen ab, da sie zwar noch nicht bei —7—9° C erfriert, wie Kerner (**95**) angibt, sondern durch diese Temperaturen nach G. Kraus[1]) so gut wie gar nicht

[1]) Sitzungsber. d. Naturf.-Gesellsch. Halle 1880.

beschädigt wird, aber doch bei — 12° C Schaden leidet, und nach den Beobachtungen von O. Penzig[1]) bei einer Minimaltemperatur von — 13,4° C erfriert. Die jungen Pflanzen sind gegen Kälte noch bedeutend empfindlicher als die erwachsenen.

Die Keimung der Samen erfolgt im zeitigen Frühjahr und geht im wesentlichen ebenso vor sich, wie bei den vorher genannten Nadelhölzern. Es sind am Keimling nur zwei gegenständige Kotyledonen von flacher nadelförmiger Gestalt vorhanden, welche auch bei der Keimung im Finstern eine dunkelgrüne Farbe bekommen (6). Sie sind ca. 15 mm lang, unterseits grasgrün und glänzend, auf der Oberseite matt und blaugrün, weil sie nur hier Spaltöffnungen tragen; ihre Epidermis ist nur schwach cuticularisiert, das Hypoderm wenig entwickelt; Harzgänge fehlen. Nach den Kotyledonen bringt die junge Pflanze wirtelig gestellte Primärblätter hervor, von denen die untersten ein gegenständiges, mit

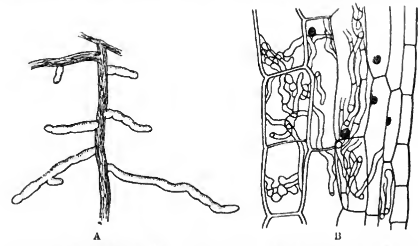


Fig. 138. *Cupressus sempervirens.* Mykorrhiza von einem jungen, an der Riviera (La Mortola) gewachsenen Exemplar.
A älteres Wurzelstück mit mehreren zu Mykorrhizen umgebildeten Seitenwurzeln; 6 : 1. B Längsschnitt durch die Epidermis und einen Teil des Rindengewebes der endotrophen Mykorrhiza mit dem Pilzmycel im Innern der Rindenzellen; 380 : 1. (Orig. K.)

den Kotyledonen abwechselndes Paar bilden; hierauf folgt eine Serie von 4gliedrigen Wirteln und nach ihnen dekussierte Paare von schuppenförmigen Folgeblättern. Die Primärblätter sind 7—8 mm lang, von nadelförmiger Gestalt, nicht mit der Achse verwachsen; bei ihnen befinden sich alle Spaltöffnungen auf der Blattunterseite, die Epidermis ist stärker cuticularisiert, das Hypoderm noch schwach entwickelt, und in jedem Blatt ist ein Harzgang vorhanden. Das Hypokotyl ist rot gefärbt (186, 14). Die Keimpflanze braucht zu ihrer Entwicklung einen gut gelockerten Boden, sonst geht sie wieder ein.[2])

Die bei der Keimung entwickelte Hauptwurzel bleibt auch später als Pfahlwurzel erhalten und produziert weit auslaufende Seitenwurzeln. Die Wurzeln sind nach Van Tieghem[3]) diarch, ohne Ausbildung von sekundärem Primärholz

[1]) Nach Botan. Jahresber. Bd. 8. Abt. 2. 1880. S. 341.

[2]) v. Guttenberg in Centralblatt für d. ges. Forstwesen. Bd. 2. 1876. S. 419.

[3]) Bulletin de la Soc. Bot. de France. T. IX. 1887. p. 11 u. p. 101.

zwischen den beiden Holzplatten; die Seitenwurzeln werden in 4 Längsreihen an den Aussenseiten der Holz- und Bastteile angelegt. Die Bildung von Mykorrhizen wurde zuerst von v. Tubeuf beobachtet und als endotroph erkannt (79). Über die näheren Bedingungen dafür ist nichts bekannt, doch dürfte nach meinen Beobachtungen auch hier die Verpilzung der Wurzeln fakultativ sein, da sie an den in Hohenheim im Gewächshause aus Samen gezogenen Pflanzen durchaus fehlte, dagegen bei Pflanzen, die an der Riviera im Freien gewachsen waren, sich an allen Exemplaren vorfand. Die nicht verpilzten jungen Wurzeln sind schlank, an der Spitze weiss, darüber lebhaft braun gefärbt, weil hier die äusseren Rindenzellen sich bräunen und sich frühzeitig in unregelmässigen Längsfasern abschülfern; Wurzelhaare fehlen durchaus. Die Mykorrhizen (Fig. 138) sind verkürzt, sehr brüchig, braunrot gefärbt, in kurzen Zwischenräumen mit Einschnürungen versehen, an denen ein verkorktes Gewebe innen bis gegen das Gefässbündel eindringt; an der Oberfläche sind gar keine Pilzzellen zu bemerken, in den Zellen des Rindengewebes, besonders in den tieferen Lagen desselben, finden sie sich reichlich vor (Fig. 138 B). (K).

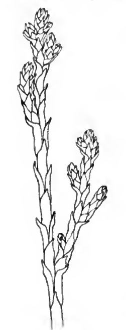


Fig. 139.
Cupressus sempervirens.
Lang- und Kurzzweige mit Blättern und Knospen, von einer jungen Pflanze. 3 : 1. (Orig. K.)

Das Wachstum der Cypresse ist in der Jugend und auch später langsam; 6 Jahre alte, an der Riviera im Freien gewachsene Pflanzen hatten eine Höhe von 30—40 cm erreicht. Die Entwickelung der Hauptachse bleibt immer überwiegend, sodass sich ein monokormischer Baum ausbildet; bei der bekanntesten Form (var. *pyramidalis* Nym.) bleibt die tief angesetzte Krone schmal und spitz kegelförmig, weil die Seitenzweige in der Nähe des Stammes aufrecht in die Höhe wachsen, bei der var. *horizontalis* Gordon stehen die Äste horizontal ab und die Krone wird demnach breit kegelförmig. Unter den Zweigen kann man Langtriebe und Kurztriebe unterscheiden, von denen die ersteren bedeutend längere Internodien aufweisen (Fig. 139). Beschuppte Knospen werden nicht gebildet.

Die an den einjährigen Zweigen stehenden Folgeblätter haben in Anpassung an die erforderliche Transpirationsverminderung die Form schmaler, zum grössten Teil mit den Zweigen verwachsener, oben etwas von ihm abstehender Schuppen angenommen. Sie stehen in dekussierten Paaren und überziehen die Aussenfläche der einjährigen Achsenteile vollständig; an den Langtrieben ist ihr mit dem Zweige verwachsener Teil viel länger als an den Kurztrieben (Fig. 139), und besonders an älteren Exemplaren rücken die freien Teile der Kurztriebblätter so nahe zusammen, dass sie sich fast dachziegelig decken. Auf der Epidermis der Blätter finden sich mit Wachskörnchen verstopfte Spaltöffnungen, die nicht in Längsreihen angeordnet sind, auf der inneren oberen Seite und ausserdem auf der Blattunterseite am Grunde, soweit dieser von den tiefer stehenden Blättern bedeckt ist (31). Die kräftig gebaute Epidermis ist teilweise durch ein aus dickwandigen Sklerenchymfasern bestehendes Hypoderm verstärkt, welches in den am Zweig herablaufenden Teilen des Blattes die beiden Ränder und die Mitte des Blattrückens einnimmt, in den freien Blattenden die ganze Unterseite ununterbrochen umzieht. (Fig. 140, 141). Das aus Palissadenzellen gebildete

Fig. 140. *Cupressus sempervirens.*
Querschnitt durch den unteren, mit dem Zweig verwachsenen Teil eines Blattes. Unter der hier und da mit Spaltöffnungen versehenen Epidermis liegt ein fast ununterbrochenes, einschichtiges Hypoderm, an welches sich ein palissadenförmiges Assimilationsgewebe anschliesst; unter der Kante ein Harzkanal, in der Mitte ein markartiges Gewebe aus grossen farblosen Zellen. 110:1. (Orig. Dr. W. Lang.)

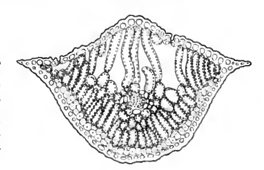
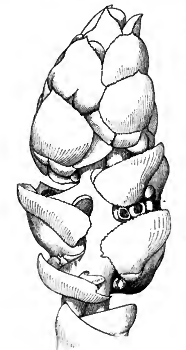
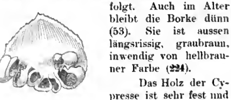


Fig. 141.
Cupressus sempervirens.
Querschnitt durch den oberen, freien Teil eines Blattes. Die Epidermis der inneren (oberen) Seite enthält Spaltöffnungen, unter der Epidermis der Unterseite eine Hypodermschicht; im palissadenförmigen Assimilationsgewebe das Gefässbündel. 110:1. (Orig. Dr. W. Lang.)

Assimilationsgewebe nimmt die nach aussen gewendete, also untere Blattseite ein; an den freien Blattenden ist ein solches auch auf der Blattoberseite vorhanden und besteht aus grossen, schlauchförmigen Zellen, die mit ihrer Längsachse senkrecht zur Blattoberfläche orientiert sind. Das Zuleitungsgewebe besteht aus chlorophyllarmen, radial angeordneten, zwischen sich grosse Intercellularräume lassenden Zellen. In der Mitte des Blattrückens liegt ein weiter Harzkanal, der vom angewachsenen Blattgrunde aus bis in den unteren Teil des freien Endes reicht, von einer Scheide wenig verdickter Zellen umgeben ist und, das Hypoderm unterbrechend, unmittelbar an die Epidermis angrenzt (K). Das Transfusionsgewebe liegt nach P. Klemm[1]), am Ende des Gefässbündels ansetzend, anfänglich demselben zu beiden Seiten an, entfernt sich aber weiter abwärts bald von ihm, seine beiden Partien treten dann hinter das Gefässbündel und vereinigen sich mit einander. Im zweiten Lebensjahr der Zweige sterben die Blätter infolge der inneren Peridermbildung ab, bräunen sich und werden im nächstfolgenden Jahre abgeworfen (K).

Am Ende der ersten Vegetationsperiode oder im zweiten Jahr entwickelt sich in einer dem Baste genäherten Zone des Zweiges das Periderm und nach dem Abstossen der Blätter ist die Aussenseite der Zweige glatt, von Plattenkork bedeckt und braun gefärbt; unterhalb dieses Peridermes ist an jungen Zweigen noch eine 4—6 Zellen dicke Schicht von chlorophyllführenden Zellen vorhanden, auf die der Bast folgt. Auch im Alter bleibt die Borke dünn (53). Sie ist aussen längsrissig, graubraun, inwendig von hellbrauner Farbe (224).

A. B.

Fig. 142. *Cupressus sempervirens.*
A Männliche Blüte mit teilweise geöffneten Pollensäcken an den Staubblättern; B ein Staubblatt von der Innenseite gesehen, mit geöffneten Pollensäcken. 15 : 1. (Orig. K.)

Das Holz der Cypresse ist sehr fest und hart, gelbrot gefärbt mit braunem Kern, sein spez. Gewicht beträgt frisch 0,75, im trockenen Zustande 0,62 (nach von Guttenberg a. a. O.). Es hat undeutliche Jahresringe, weil die Wände der Tracheïden des Frühlingsholzes fast ebenso dick sind, wie die des Herbstholzes (K).

Das Wachstum des Baumes bleibt immer ein langsames; die einzige nähere Angabe über das Dickenwachstum des Stammes bezieht sich auf die von Michelangelo in der Chartreuse gepflanzte Cypresse, welche i. J. 1817 einen Umfang von 4,23 m hatte (42). Dies würde einem durchschnittlichen jährlichen Dickenzuwachs von 4,66 mm entsprechen. Der Baum soll ein Alter von 3000 Jahren erreichen[2]), bis 52 m hoch und 3,2 m dick werden (95).

[1]) Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Bd. 17. 1886. S. 502.
[2]) P. Seehaus in Mitt. d. deutschen dendrologischen Gesellschaft. 1896. S. 88.

Die Cypressen werden schon in frühem Alter blühbar: in Hohenheim erzogene Exemplare blühten in ihrem 6. Lebensjahr zum erstenmal. Sie sind einhäusig, männliche und weibliche Blüten stehen in unmittelbarer Nachbarschaft, die ersteren gewöhnlich in sehr überwiegender Anzahl an den Enden vorjähriger Triebe, und kommen im Februar oder März (auf der Mainau gegen Mitte Mai) zur Entwickelung. Die gelben männlichen Blüten (Fig. 142 A) haben die Form

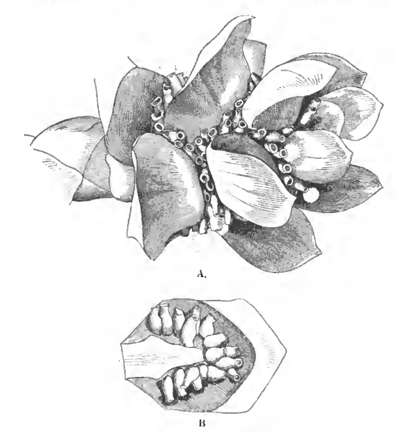


Fig. 143. *Cupressus sempervirens.*
A Weibliche Blüte; zwischen den Zapfenschuppen ragen die teilweise den Mikropylentropfen tragenden Samenanlagen hervor. B Zapfenschuppe mit den Samenanlagen, von der inneren Seite gesehen. 15 : 1. (Orig. K.)

länglicher Kätzchen, sind aufgerichtet und bestehen aus ca. 10 Paaren gekreuzt gestellter Staubblätter von schuppig-schildförmiger Gestalt, welche an ihrem nach innen und unten gewendeten Grunde die Pollensäcke, meistens 4, doch auch mehr tragen (Fig. 142 B). Diese entlassen den gelblichen mehligen Pollen durch Längsrisse, welche sich zu rundlichen Löchern erweitern; das Freiwerden des Pollens erfolgt nach Kerner (95) nur bei trockener Luft, während bei feuchter Witterung die Staubblätter sich so dicht aneinander legen, dass der Pollen zwischen ihnen eingeschlossen und vor Nässe geschützt bleibt. Die Pollenkörner sind

kugelig, ohne blasenförmige Anhänge, sie besitzeu eine stark quellbare Intine, welche bei Benetzung die Exine zerreisst und in der Regel abwirft (K).

Die weiblichen Blüten (Fig. 143 A) sind von bräunlich-grüner Farbe und stellen kleine rundliche Zäpfchen von 5—6 mm Durchmesser dar; sie bestehen aus 3—7, meist 4 oder 5 Paaren gekreuzter Fruchtschuppen, die in ihrer basalen Hälfte dick fleischig, in der oberen Partie in einen dünnen spitzen Rand ausgezogen sind und an ihrem Grunde je eine grosse Anzahl von Samenanlagen tragen (Fig. 143 B). Diese haben das Aussehen einer kurzhalsigen Flasche, ihre in eine kurze, mit unregelmässiger Mündung versehene Röhre ausgezogene Mikropyle sondert, was auch bei dieser Pflanze bereits Vaucher (187) beobachtet hat, zur Zeit der Geschlechtsreife ein klares Flüssigkeitströpfchen aus, welches dazu dient, den vom Winde herbeigewehten Pollen festzuhalten. Den Fruchtschuppen kommt, da die Mikropylen frei an ihrem Grunde hervorragen, keine ersichtliche Funktion bei der Zuleitung des Pollens zu den Samenanlagen zu; Strasburger (73) meint zwar, dass sie doch nicht wenig dazu helfen, denn wenn auch keine Vorrichtung dazu getroffen sei, um den Pollen speziell einer jeden Samenanlage zuzuleiten, so werde doch durch die Stellung der Schuppen im allgemeinen eine Massenzuleitung be-



Fig. 144. *Cupressus sempervirens.* Reifer Zapfen, 1 : 1. (Orig. T. Hool.)

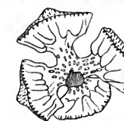


Fig. 145. *Cupressus sempervirens.* Zwei Paare von Zapfenschuppen, auf deren unterem verdünntem Teil man die Ansatzstellen der abgefallenen Samen sieht. 1 : 1. (Orig. K.)



Fig. 146. *Cupressus sempervirens.* Samen, A von aussen, B im Querschnitt, 5 : 1. (Orig. K.)

wirkt. Allein dabei wird übersehen, dass die weiblichen Blüten in der Regel nicht aufrecht stehen, sondern eine schräg nach unten geneigte Lage einnehmen; hierauf weist Delpino (32) hin, der sich auch für *Cupressus* später die Vorstellung bildete, dass die von den Mikropylentröpfchen aufgefangenen Pollenkörner infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes in die Höhe stiegen und hierbei in die Mikropyle eindrängen.[1]) Man findet aber, dass die einzelnen Samenanlagen an jeder weiblichen Blüte so verschiedene Stellungen haben, dass der von Delpino angenommene Vorgang höchstens ausnahmsweise stattfinden könnte, dagegen ganz allgemein die Tröpfchen und mit ihnen die darin schwebenden Pollenkörner sehr bald von der Mikropyle aufgesaugt werden (K).

Nach der Bestäubung wächst der auf der Oberseite der Schuppen befindliche Wulst in einer solchen Weise, dass dadurch eine Krümmung der Schuppenspitze nach auswärts und abwärts bewirkt wird; bedeutend stärker wächst der Wulst der Schuppenunterseite und schliesslich erfolgt beiderseits ein solches Wachstum nach allen Richtungen, dass die Schuppen sich gegenseitig in ihrer Entwickelung hemmen und sich so aneinander legen, dass sie die Gestalt eines von aussen gesehen 5- oder 6eckigen Schildes annehmen, in dessen Mitte man

[1]) Note ed osservazioni botaniche. Decuria seconda. Malpighia IV. 1890. p. 4.

die ursprüngliche Schuppenspitze noch als einen Buckel erkennen kann.[1]) Schon frühzeitig wird ein dichter Verschluss der sich aufeinanderlegenden Schuppen dadurch hergestellt, dass die henachbarten Schuppenränder dickwandige, ineinander greifende Papillen entwickeln (79). Der Zapfen (Fig. 144) ist erst grün, verholzt aber später und färbt sich durch Ausbildung eines ca. 10 Zellschichten dicken Korkgewebes braun; er behält bis zur Reife seine nach unten geneigte Stellung bei. Seine 3—7 Paare von Schuppen zeigen eine unregelmässig verkehrt-kegelförmige Gestalt (Fig. 145) und endigen in 5—6eckige Schilder, deren Oberfläche etwas gewölbt und gerunzelt ist; sie bilden mit einander die Aussenfläche des kugeligen oder eiförmigen, 3—4 cm langen Zapfens. Auf ihrem dünnen, stielartigen unteren Teil tragen die Schuppen zahlreiche (8 bis über 20) dicht gedrängte Samen von glänzend rothrauner Farbe, 4—6 mm Länge und kantiger, zusammengedrückter Gestalt (Fig. 146), deren Samenschale sehr hart ist und als seitliche Anhänge schmale flügelartige Verbreiterungen trägt, welche wohl geeignet sein mögen, den anemochoren Transport der Samen zu erleichtern, aher ein eigentliches Flugorgan nicht darstellen; man wird die Samen dem Typus der Scheibendrehflieger zurechnen dürfen. Der Embryo des Samens ist farblos und trägt 2 Kotyledonen, das Nährgewebe enthält fettes Öl nebst Aleuronkörnern. Die Zapfen reifen im Winter des ersten Jahres oder im darauffolgenden zeitigen Frühjahr, öffnen sich aber erst im nächsten Herbst, indem die austrocknenden Schuppen seitlich auseinander weichen und aus den Ritzen die Samen ausfallen lassen, die beim Abfallen weisse, nabelartige Flecken auf den Schuppen zurücklassen. Da die Samen ungefähr in gleicher Anzahl sich ausbilden, in welcher die Samenanlagen auf den Fruchtschuppen auftreten, so scheint immer eine ausreichende Bestäubung einzutreten und auch von voller Fruchtbarkeit hegleitet zu sein. Indessen besitzt die Gattung *Cupressus* nach Gärtner (51) Fruchtungsvermögen, und so hliebe noch festzustellen, ob sich unter den zahlreichen Samen eines Zapfens vielleicht viele taube befinden.

7. Gattung **Juniperus L.**

12. Juniperus communis L. Gemeiner Wacholder.

(Bearbeitet von Schröter und Kirchner).

Der gemeine Wacholder ist ein immergrüner, mykotropher und oligotropher, xerophytisch angepasster Strauch oder Baum. Seine Genügsamkeit und seine hohe Anpassungsfähigkeit an Temperaturextreme machen ihn zum verbreitetsten Nadelholz der Erde, sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung: mit seiner alpinen und arktischen Abart, dem Zwerg-Wacholder, ist er in Nordafrika, dem ganzen Eurasien und nördlichen Nordamerika bis weit in die Arktis und bis zur äussersten Grenze des Holzwuchses im Gebirge, bis 3570 m[2]) verbreitet.

Für die Betrachtung der ökologischen Verhältnisse empfiehlt es sich, die beiden Hauptformen auseinanderzuhalten, in welche die Art zerfällt.

---

[1]) A. Kramer, Beiträge z. Kenntn. d. Entwickelungsgeschichte und des anatomischen Baues der Fruchtblätter der Cupressineen und der Placenten der Abietineen. Dissert. Leipzig 1885.

[2]) An der „Nase", einem Felskamm, welcher aus dem Lyssgletscher im Monterosagebiet vorragt, von den Gebr. Schlagintweit konstatiert. Vergl. Schlagintweit, A. u. W. Neue Untersuchungen in der physikalischen Geographie und Geologie der Alpen. Leipzig 1854. S. 229.

A. *Juniperus communis* L. var. *typica* Kihlman.

Echter gemeiner Wacholder.

Er ist eine lichtliebende Holzart, zieht offene Stellen vor, findet sich aber auch häufig als Unterholz, besonders in lichten Kiefer- und Birkenwäldern, seltener im Buchen-, Fichten- und Tannenwald. Seine Bodenansprüche sind sehr gering, er gehört mit andern Bewohnern der Heide zu den oligotrophen Pflanzen und gedeiht auf dem mineralarmen Hochmoor wie auf humusfreien Sanden. Er unterscheidet sich aber (mit *Sarothamnus*) dadurch wesentlich von den andern Heidepflanzen, dass er gegen bessere Ernährung sich nicht ablehnend verhält und bei grösserer Nährstoffzufuhr nicht zu Grunde geht, sondern im Gegenteil für nährstoffreicheren Boden dankbar ist. Auf der Calluna-Heide Norddeutschlands kommt der Wacholder gewöhnlich in Strauchform vor, wird aber baumförmig, wenn die Wurzel zufällig durch die Öffnung eines Ortsteintopfes in den besseren, unter dem Ortstein liegenden Boden gelangt ist [1]). Man könnte ihn also als fakultativ oligotroph bezeichnen.

Gegen die geologische Unterlage ist er vollkommen indifferent. Sein häufiges Vorkommen auf Hochmooren trug ihm die Bezeichnung einer kalkfeindlichen Pflanze ein, doch findet er sich in gutem Gedeihen auf sandigem und moorigem Kalkboden der livländischen Insel Moon ungeheure Flächen bedeckend (**224**), auf Silurboden im südlichen Norwegen (**205**), auf Muschelkalk, Buntsandstein, Schiefertonen und granitischen Kiesen in der Hercynia (Drude). Gegen Temperatureinflüsse ist die Pflanze wenig empfindlich; die mittleren Jahrestemperaturen ihres Areals schwanken etwa zwischen 16° C (an ihrer Südgrenze bei 35° n. Br.) und ca. —2° C (an ihrer Nordgrenze); an der oberen Grenze bei Zermatt beträgt die mittlere Jahrestemperatur +3° C, die Julitemperatur 12,5° C. Immerhin scheint ihr ein kalter trockner Ostwind im Frühjahr gefährlich zu werden. So hatte der Wacholder in den östlichen Küstengegenden der nordkurischen Halbinsel durch die anhaltenden eisig kalten Ostwinde des Frühjahrs 1871 sehr bedeutend gelitten, viele Sträucher und Bäume waren gänzlich erfroren und fast kein einziger ohne vom Frost getötete Zweige und Äste (**224**). Auch sein Feuchtigkeitsbedürfnis schwankt in weiten Grenzen. Im ganzen liebt er trockne sonnige Standorte (vgl. weiter unten bei „Formationen“), wächst auf dem dürrsten Flugsand der Dünen und auf den sonnenverbranntesten Klippen, bildet am Rande der ungarischen Steppe eine an die Maquis des Mittelmeergebietes erinnernde Formation, ist ein Charakterbestandteil der xerophilrupestren Flora des Kaukasus, der sonnigen trocknen pontischen Hügel Mitteldeutschlands und der „Garides“ des Rhonetales und des Jura [2]), und ziert die Kalkfelsen des Südhanges der Curfirsten. Andrerseits aber gedeiht er vortrefflich in einem an atmosphärischen Niederschlägen und Nebeln reichen Klima auf sandig-humosem, frischem Boden im nördlichen Kurland, zeigt in Skandinavien ein besonders üppiges Wachstum in hohen Baumformen und bewohnt als Unterholz die feuchten Wälder des pontischen Strandgebietes. Auch das schwanke Hochmoor mit seinen vollgesogenen *Sphagnum*-Schwämmen meidet er nicht, in diesem Punkt den echten Heidepflanzen (*Calluna, Empetrum* u. s. w.) analog.

Die geographische Verbreitung von *Juniperus communis* ist folgende: Seine Südgrenze liegt im Mediterrangebiet; in Portugal, Spanien, Sizilien, Griechenland (Thessalien, Olymp, Pelion, Parnass, Peloponnes, Taygetus, Kyllene) und den Balkanländern ist er meist ein Baum der montanen Region, in Italien jedoch auch zur

[1]) Graebner, P. Die Heide Norddeutschlands. Leipzig 1901. S. 207 f.

[2]) Chodat, R. Les dunes lacustres de Sciez et les Garides. Ber. d. Schweiz. bot. Gesellsch. Heft 12. 1902. S. 15.

Meeresküste herabsteigend; er findet sich weiter im Kaukasus, Talysch — hier mit *J. sabina* und *Taxus* die einzige Conifere[1] — Persien (nach Boissier und Buhse). Afghanistan (Aitchison) und Himalaya (Brandis), Tianschan (Przewalski), ferner ostwärts in Kamtschatka und Japan (?). Seine Nordwestgrenze geht von Spanien über Frankreich, Grossbritannien, Island nach Skandinavien; die Nordgrenze ist schwer festzustellen, da er im Norden, wie Parlatore[2]) und Kihlmann (96) angeben, noch viel zahlreichere Übergänge zum Zwergwacholder zeigt. als in den Alpen. Nach Schübeler (168) kommt er bis zum Nordkap vor. ferner in Enare-Lappland und im ganzen Russisch Lappland nebst der Halbinsel Kola, und ist in Finland weit verbreitet[3]). Die Nordgrenze in Sibirien lässt sich gegen *Juniperus nana* bis jetzt nicht abgrenzen. In Nordamerika ist er von Britisch Columbia bis New-Foundland und Nova Scotia, südlich bis New-Jersey, Pennsylvanien, Michigan, westl. Nebraska und im Felsengebirge bis Neu-Mexico verbreitet[4]). Innerhalb dieses enorm weiten, beinahe das ganze gemässigte und subarktische Eurasien umfassenden Verbreitungsbezirkes fehlt aber der Wacholder oft auf weiten Strecken, welche dieselben Bedingungen darbieten, wie die Nachbargebiete, in denen er vorkommt; so z. B. im östlichen Russland und in den angrenzenden Gegenden des Gouv. Witebsk (224), ferner im mittleren Russland auf dem ganzen Schwarzerdegebiet (Tschernosjom); überhaupt scheint der Wacholder, wie die Fichte, spontan auf dem Tschernosjom nicht vorzukommen, seine lokale Südgrenze in Russland fällt mit der Nordgrenze der Schwarzerde zusammen (Köppen a. a. O.[5]).

Die Höhengrenzen des gemeinen Wacholders, vielfach zusammenfallend mit der Zone, wo er nach oben mit Übergängen durch den Zwergwacholder abgelöst wird, sind folgende (meist nach 224): Südliches Norwegen 1255 m, Stift Bergen 1143 m, Enare-Lappland auf dem Berg Rastekorria unter 70° n. Br. 226 m, Bayerischer Wald 1126 m, Bayerische Alpen 1497 m, Glarner Alpen 960 m, Wallis 1800 m, Apennin 1623 m, Spanische Pyrenäen 974—1623 m, Guadarramagebirge bei Madrid 1136—1948 m, Sierra Nevada 2118—2598 m, Illyrische Länder im Mittel 1400 m, Macedonien und Thracien 1494—1689 m, Athos und Hämos 1689—1948 m, Kaukasus 2480 m.

Mancherorts ist der Wacholder die tonangebende Pflanze einer nach ihm benannten Pflanzenformation.

I. Die berühmteste „Wacholderformation" ist die von Kerner (91) so trefflich geschilderte Gesträuchvegetation auf der Landhöhe im ungarischen Tiefland zwischen Donau und Theiss, von Jazygien südwärts bis zum Bácser Kanal (vgl. Fig. 147). „Als vorherschender Bestandteil dieser Formation erscheint der Wacholder. Mit unglaublicher Üppigkeit wuchern die Gebüsche dieses Nadelholzes dort auf dem weissen lockern Sand; die einzelnen Stämme erreichen in der Regel die Höhe einer Klafter (= 1,89 m), und zahlreiche fast baumartige Sträucher wachsen selbst bis über anderthalb Klafter empor. Die einzelnen Büsche stehen bald isoliert, bald erscheinen sie heckenförmig aneinander gereiht, bald wieder bilden sie in dichtgeschlossener Massenvegetation undurchdringliche Dickichte, in welche sich

[1]) Radde, G. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. Leipzig 1899. S. 207.

[2]) De Candolle, Prodromus. Vol. 16. 1868. p. 480.

[3]) Köppen, Geographische Verbreitung der Holzgewächse Russlands. St. Petersburg 1889. II. S. 397.

[4]) Britton, N. and Brown, A. Illustrated Flora of the Northern United States, Canada and the British Possessions. New-York 1896—98. Vol. I, p. 59.

[5]) Eine scheinbare Ausnahme bildet ein inselartiges Vorkommen im Gouv. Charkow wo er mit einer Anzahl von Glazialrelikten (*Vaccinium vitis idaea*, *Linnaea borealis*) sich findet; doch soll nach Köppen dieses Gebiet nicht von Schwarzerde bedeckt sein.

als untergeordnete Bestandteile Sauerdorn und Liguster, Hasel- und Geisklee-sträucher, Zwergmandel und Zwergweichsel, Weissdorn und Rosenhecken, seltener auch einzeln stehende weissstämmige Birken und Eschen einmengen. Eine üppige Moosvegetation bedeckt den weissen Sandboden, . . . aus welchem schattenliebende Maiblumen, Goldruten und Wachtelweizen emporspriessen." Der Verfasser hebt weiter die auffallende Ähnlichkeit dieser Formation mit den Knieholzwäldern der Alpen hervor und betont die Tatsache, dass *Juniperus* hier das einzige Nadelholz



Fig. 147. *Juniperus communis.*
Wacholder-Bestände auf der Donauinsel Czepel bei Budapest. (Orig. nach einer frdl. mitget. Aufnahme von Dr. A. v. Degen, Budapest.)

ist. Die Formationsliste dieses Juniperetums ist folgende. 1. unterste Schicht: Gefilz aus *Cladonia furcata, Thuidium abietinum, Camptothecium lutescens, Hypnum cupressiforme, Brachythecium salebrosum, Eurhynchium piliferum, Barbula ruralis, B. gracilis, Pylaisia polyantha.* — 2. Schicht: Geblätt aus *Convallaria majalis, Polygonatum latifolium, P. multiflorum.* — 3. Schicht: Gesträuch aus *Juniperus communis, Berberis vulgaris, Cytisus biflorus, C. austriacus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina, Prunus chamaecerasus, Amygdalus nana, Ligustrum vulgare, Rhamnus*

cathartica, mit eingewirktem Gestäude und Gehälm aus *Astragalus virgatus*, *A. onobrychis*, *Tragopogon floccosus*, *Peucedanum arenarium*, *Gypsophila paniculata*, *Verbascum orientale*, *Linum hirsutum*, *Artemisia campestris*, *Stupa capillata*. — 4. Schicht (oft fehlend!), einzeln stehende Bäume: *Betula alba*, *Populus tremula*.

II. Die „Wacholderheide" der baltischen Provinzen. In der Physiognomie der Landschaft in den baltischen Provinzen, besonders in Kurland, dem nordwestlichen Livland, in Esthland und auf den grossen Inseln Oesel, Dagö und Moon spielt der Wacholder eine hervorragende Rolle. Ungeheure Flächen sandigen und moorigen Kalkbodens der letztgenannten Insel wie auch des benachbarten Esthland sind fast ausschliesslich mit zerstreuten Büschen von *Juniperus communis* var. *prostrata* Willk. bedeckt, sodass man sich auf die knieholzbedeckten Kämme des Riesengebirges versetzt glauben kann (224).

III. Eine „subalpine Wacholderzone", das Krummholz ersetzend, bildet *Juniperus communis* auf dem Sar dag in Albanien oberhalb des Buchengürtels bis zum Gipfel des Ljubitru (Beck, a. a. O. S. 372).

IV. Die „Wacholderfacies" ist eine Variante des weitverbreiteten Buschwaldes (*Corylus*-Formation) der illyrischen Länder, einer Vegetation, die aus dem Buchen- und Eichenwald durch Abholzen und Beweiden entstanden ist. Hauptsächlich auf den Gesteinen der Neogen- und Eocänformation im nördlichen Bosnien schwingt sich der im Buschwald wohl nie fehlende Wacholder zu fast reinen Beständen auf. Bald ist es ein mannshoher Zwergwald, in welchem die Pyramidenform des Wacholders zum Ausdruck kommt, bald sind es nur monotone, als Viehweide benutzte und daher vegetationsarme, kniehohe Dickichte, die der Wacholder bildet, oft mit *Calluna* oder *Pteridium aquilinum*, oder noch mit einigen Dornsträuchern (*Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*) vergesellschaftet (Beck, a. a. O. S. 242).

Als mehr oder minder wichtige Begleitpflanze tritt der Wacholder in verschiedenen Formationen auf. So dominiert er im Unterholz der „Kiefernheiden mit Vorherrschen von *Juniperus communis*" (Graebner, a. a. O. S. 237). „Einen eigenartig melancholischen Eindruck machen die an sich schon dichteren Kieferwälder, in denen sich die meist säulenförmig gewachsenen Wacholder erheben. Das Ganze erinnert an einen italienischen Kirchhof im Kleinen mit seinen zahlreichen Cypressen. Am meisten entwickelt ist bei uns dieser Bestand auf Talsand, hin und wieder auch auf Dünensanden oder auf welligem sandigen Diluvialboden, ja selbst die Kalkböden meidet *Juniperus* nicht ganz." Der Unterwuchs besteht neben *Juniperus* aus *Calluna*, Preissel- und Heidelbeere, ferner *Deschampsia flexuosa*, *Festuca ovina*, *Carex pilulifera*, *Spergula vernalis*, *Teesdalea nudicaulis*, *Fragaria vesca*, *Genista pilosa*, *Pirola minor*, *P. secunda* und *Campanula rotundifolia*; *Hypnum Schreberi* dominiert unter den Moosen. — Auch sonst ist *Juniperus* in Kieferwäldern häufig, so z. B. im Wallis, am Südfuss der Rigi-Hochfluh, im Föhrenwald von Villards am Jafferan in den grajischen Alpen (R. Keller a. a. O.); die Schwarzkieferbestände Österreichs und der Balkanländer zählen ihn zu den konstanten Bestandteilen ihres Unterholzes, ebenso die Wälder von *Pinus peuce* am Peristeri in Macedonien, wo von unten nach oben *Juniperus oxycedrus*, dann *J. communis* (1494—1689 m) und endlich *J. nana* einander ablösen. Auch im Fichten- und Tannenwald der illyrischen Länder fehlt er nicht im Unterwuchs. Von Laubwäldern beherbergt ihn der Kleinpappelwald auf feinsandigem Dünenterrain auf der Donauinsel Csepel (in der var. *Weckii* Graebn.), der Buchen-Strandwald in Westpreussen (Graebner, a. a. O. S. 271), die illyrischen Ufergehölze von Weiden und Erlen; im Eichenwald findet er sich besonders an sandigen Stellen: am Velebit in Südkroatien bewohnt er die Bestände von *Quercus cerris* und *Qu. sessiliflora*, *Ostrya* und *Fagus*, im slavonischen und bosnischen Eichenwald tritt er als Unterholz auf, ebenso im Karstwald; auch die „Kratts" der nordschleswigschen Heide, die nach Knuth Reste von Eichenwäldern sind, weisen

viel Wacholder auf[1]). Häufig bewohnt er die präalpinen Mischwälder und begleitet stets den Buschwald oder die bebuschte Viehweide der südeuropäischen Länder im Balkangebiet wie in der Südschweiz und anderwärts, fehlt auch in den analogen „pannonischen Buschgehölzen" am Ostabfall der Alpen Steiermarks und Niederösterreichs nicht[2]). Besonders aber liebt der stachelige Geselle die „Heiden" im weitesten Sinne des Wortes. Dieser allgemeine Begriff umfasst zwei getrennte Formationen: einmal die Vegetation sonniger, felsiger oder sonst steiniger Hänge mit wenig Humus, Pflanzen mit xerophytischen Anpassungen und von südlicher oder östlicher Herkunft; hierher die „Garides" von Chodat (a. a. O.), die von der Rhonemündung bis in den Jura sich verfolgen lassen, die „Steppenheide" Gradmanns[3]), die „Felsenheide" des Wallis bei Christ (19) und diejenige am Bielersee bei Baumberger[4]), die trocknen Hügelformationen und „pontischen Hügel" Drude's und die trocknen Fels- und Geröllformationen Engler's (a. a. O.). Die zweite, nördlichere „Heide" wird durch die baltischen *Ericaceen*-Heiden Warming's (205) in Norddeutschland gebildet, wie sie Graebner (a. a. O.) eingehend schildert. Hier findet man den Wacholder auf allen Facies als konstante Begleitpflanze: auf dem nassen Moosmoor, auf der typischen *Calluna*-Heide, auf der *Tetralix*-Heide, der *Empetrum*-Heide, der *Sarothamnus*-Heide, der Grasheide, der Kiefernheide, der Laubwaldheide mit Birken und Eschen bis zu den magersten, dürrsten und sandigsten Endgliedern, der *Weingaertneria*-Heide, und auf dem heidekrautlosen Sandfeld. Als *Calluna*-Begleiter tritt der Wacholder auch im „*Calluna*-Typus" der Wälder der schwäbischen Alb (Gradmann, a. a. O. S. 11) und auf den tessinischen Buschweiden mit *Sarothamnus*, *Nardus* und *Pteridium aquilinum*[5]) auf.

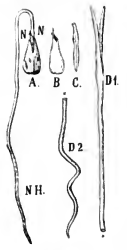


Fig. 148.
Juniperus communis.
Keimung.
A. Same mit dem heraustretenden Keimling, dessen Kotyledonen noch im Samen stecken, N. die gebräunte Nuzellarspitze, NH. die ausgestülpte und von der Wurzel mitgenommene Nuzellarhaut; die Höcker an der Samenschale entsprechen Harzdrüsen. B. die aus der Samenschale herauspräparierte Nuzellushaut mit der Nuzellarspitze N. C. die im Samen steckenden Kotyledonen. D1. u. D2. ein weiter entwickelter Keimling mit gestrecktem Nutationsknie. — 3 : 1. (Orig. Sch.)

Über die Keimfähigkeit der Samen des Wacholders liegen keinerlei Angaben vor. Die Keimung (Fig. 148) erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei den übrigen Coniferen (vgl. Fig. 2 S. 63, Fig. 37 S. 109, Fig. 86 S. 179). Der Keimling zeigt nur 2 Kotyledonen; ihr primitiver anatomischer Bau und die Weiterentwicklung der Gewebe durch die Primärblätter bis zu den Folgeblättern ist aus den Figuren 149—151 ersichtlich. Auf die Keimblätter folgen viergliedrige Wirtel von Primär-

[1]) Natur, Jahrg. 1888, S. 258. — Als sekundärer Dünenbildner tritt er auf der Windseite der Dünen am Michigansee mit *J. sabina* und *Arctostaphylos* auf. (Botan. Jahresber. Bd. 27. 1899. I. Abt. S. 316).

[2]) Engler, A. Die Pflanzenformationen und die pflanzengeographische Gliederung der Alpenkette. Berlin 1901.

[3]) Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. 2. Aufl. I. Teil. Tübingen 1900, S. 112.

[4]) Die Felsenheide am Bielersee. Basel 1904.

[5]) Freuler, B. Forstliche Vegetationsbilder aus dem südlichen Tessin. Bot. Excursionen und pflanzengeogr. Studien in der Schweiz, herausgeg. von C. Schröter. Heft 2. Zürich 1904.

blättern (14), auch noch am folgenden Jahrestrieb; wann die dreigliedrigern Quirle der Folgeblätter zuerst auftreten, ist nicht bekannt.

In den Wurzeln fand Sarauw (61) häufig eine endotrophe Mykorrhiza, ausserdem zwischen den Zellen der äussersten Rindenschichten ein intercellulares Mycelium („Hartig'sches Netz"), obwohl eine Pilzscheide vollkommen fehlt —

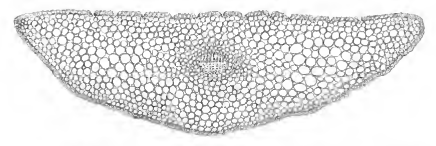


Fig. 149. *Juniperus communis.* Querschnitt durch den Kotyledon, der einen sehr primitiven, wenig differenzierten Bau zeigt.
Die Epidermiszellen sind schwach verdickt, die Spaltöffnungen auf der ganzen Oberseite entwickelt; das Hypoderm ist nur an den Kanten durch einige wenige Zellen repräsentiert; das Assimilationsgewebe zeigt keinerlei Sonderung in Palissaden- und Leitungsgewebe; von Transfusionsgewebe ist keine Spur zu erkennen, eben so wenig von Bastfasern. 130 : 1. (Orig. Sch.)

neben *Cedrus Deodara* der einzige bekannte Fall, wo intercellulare Pilzhyphen an einer Mykorrhiza auftreten, ohne dass eine Mycelscheide vorhanden ist.

Die Nadeln stehen an ausgewachsenen Exemplaren in dreigliedrigen, selten in viergliedrigen Quirlen; letzteres kann als Rückschlag zur Jugendform

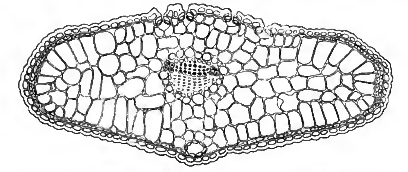


Fig. 150. *Juniperus communis.* Querschnitt durch die Primärnadel.
Epidermiszellen noch verhältnissmässig schwach verdickt; Spaltöffnungen schon auf den Mittelstreif der Oberseite beschränkt; sklerenchymatisches Hypoderm schwach entwickelt; Harzgang verhältnismässig klein; Assimilationsgewebe mit schwach angedeuteter palissadenartiger Streckung; Bastfasern im Phloëm des Gefässbündels noch fehlend; Transfusionsgewebe nur durch wenige Zellen links und rechts vom Xylem angedeutet. 140 : 1. (Orig. Sch.)

betrachtet werden. Am Grunde ist die Nadel angeschwollen und mit einem Gelenk am Stengel angeheftet, sie läuft an ihm nicht herab, bildet also kein „Nadelkissen". Sie ist von pfriemlicher Gestalt, spitz, 8—21, selten bis 30 mm lang, etwas rinnig, anfangs aufgerichtet, später abstehend bis zurückgeschlagen (dies bei der *var. Weckii* Graebn.). Das Blatt (Fig. 151) lässt starke xerophytische

Anpassungen erkennen. Die Epidermis ist stark verdickt, die Spaltöffnungen eingesenkt, ihr Vorhof mit einem Wachspfropf verstopft; die Spaltöffnungen sind auffallender Weise auf die Oberseite der Nadel beschränkt (76), die einen weisslichen, eben durch diese Wachspfropfen und einen daneben auftretenden Wachsüberzug hervorgerufenen Streifen zeigt. An ganz trocknen Lagen drehen sich, wie es zuerst Erb[1]) beschrieb und eigene Beobachtungen bestätigten, die Zweige und Nadeln so, dass alle Spaltöffnungen nach unten gerichtet sind und also die Pflanze von oben gesehen dunkelgrün, von unten weisslich erscheint. — Unter der Epidermis ist ringsherum ein kräftiges sklerenchymatisches Hypoderm ausgebildet, das nur unter den Spaltöffnungsstreifen zu beiden Seiten des schmalen Mittelstreifens unterbrochen ist. Dieser spaltöffnungsfreie, Hypoderm führende Mittelstreif kann indessen auch fehlen. Unter dem Gefässbündel liegt ein weiter Harzkanal, der aus der Nadel in den Zweig tritt; in seltenen Fällen kann er fehlen (Erb a. a. O.). Das Assimilationsgewebe zeigt keine scharfe dorsiventrale Sonderung in Palissaden- und Schwammgewebe, es besteht aus grossen, in ra-

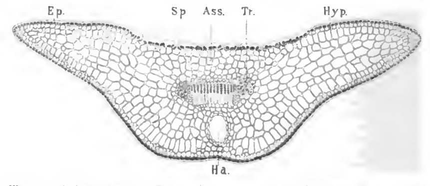


Fig. 151. *Juniperus communis.* Querschnitt durch die Folgenadel (Exemplar von Sitten, aus der heissen trockenen Weinzone des Wallis, ca. 500 m ü. M.).
Die Epidermis Ep. zeigt stark verdickte Aussenwände und führt Spaltöffnungen Sp. nur auf einem mittleren Streifen der Oberseite. Das Hypoderm Hyp. ist meist einschichtig, nur an den Kanten und unter dem Harzgang mehrschichtig; der Mittelstrang desselben fehlt (nach v. Wettstein ist dessen Vorkommen für J. communis charakteristisch, Erb fand zahlreiche Ausnahmen). Das Assimilationsgewebe Ass. zeigt eine schwach ausgeprägte Palissadenschicht an den spaltöffnungsfreien Stellen, und eine Zone quergestreckter Leitungszellen, vom Gefässbündel zu den Kanten führend (auf Längsschnitten erscheint es nach Klemm, vgl. S. 284 Anm. 1, in Querlamellen geordnet). Das Transfusionsgewebe setzt sich flügelartig an das Xylem des Gefässbündels an. 85 : 1. (Orig. Sch.)

dialer Richtung gegen das Gefässbündel hin etwas gestreckten Zellen. Immerhin sind nach Erb die Assimilationszellen unter den spaltöffnungsfreien Teilen der Epidermis länger gestreckt und enger gefügt, unter den Spaltöffnungen lockerer, sodass man von einem Palissadenparenchym sprechen könnte. Namentlich scheint ein solches bei den Exemplaren hochalpiner Standorte vorzukommen, was mit den Beobachtungen Wagner's (198) an anderen Alpenpflanzen übereinstimmt; so fand Erb bei *J. nana* vom Albulapass (2400 m) 3—4 Schichten von Palissaden auf der Unterseite und 2 an den Kanten. Das einzige, die Mitte der Nadel durchziehende Gefässbündel zeigt rechts und links an das Xylem angrenzend

[1]) Erb, J. Über den Wert der Blattanatomie zur Charakterisierung von *Juniperus communis* L., *J. nana* Willd. und *J. intermedia* Schur. Mitt. aus dem bot. Museum d. eidgen. Polytechnikums in Zürich. — Ber. d. schweiz. botan. Gesellsch. VII. 1896.

einen stark entwickelten Tracheïdensaum[1]); die Zellen desselben (Fig. 151) sind durch netzförmig verzweigte, von den Hoftüpfeln ausgehende Querbalken ausgezeichnet („Cupressineentypus“ nach Karlsson, dem auch *Cunninghamia* angehört). Eine Bündelscheide fehlt.



Fig. 152. *Juniperus communis*, Habitusformen.
A u. B Baumform. A Exemplar von 10 m Höhe, 1,92 m Schaftlänge und 77 cm Umfang in 1 m Höhe; stand in Westpreussen, Bez. Marienwerder, Oberförsterei Jammi und wurde 1891 gefällt. B Exemplar von 7,8 m Höhe, 2 m Schaftlänge, 2,5 m Umfang 60 cm über der Erde, und 7,6—8,3 m Kronendurchmesser; vom Hof Hohf im Kirchspiel Haaböl in Norwegen bei 59° 36′ n. Br. C die gewöhnliche Buschform. D die Abart intermedia subv. depressa Pursh, ein niederliegend ausgebreiteter Busch von 3 m Durchmesser und 30 cm Höhe; auf einer steinigen Heide bei Chaux-de-fonds im Neuenburger Jura. E die Abart hibernica Gord. mit Säulenwuchs. A nach Conwentz, B nach 168, S. 144, D nach einer Photographie von Forstinspektor Pillichody, C und E nach der Natur.

Der Sprossbau des Wacholders weicht von dem regelmässig monokormischen System der *Abietineen* wesentlich ab. Der Hauptstamm verliert sich stets und löst sich in Äste auf (Fig. 152 C); sehr früh, schon in der Nähe des

[1]) Der Tracheïdensaum wurde neuerdings von Worsdell (On transfusion-tissue, its origin and function in the leaves of Gymnospermous plants. — Transact. Linn. Soc. (2.) V. 1897. p. 301) als ein auf die Seite gerücktes „zentripetales Xylem“ aufgefasst, also ein Rest jenes bei den fossilen „diploxylen“ Gefässkryptogamen und Gymnospermen so verbreiteten zentripetalen Bündelteils. Bernard (Le bois centripète dans les feuilles des Conifères. — Beih. z. Botan. Centralblatt. Bd. 17. 1904. S. 241—310) bestätigt diese Auffassung durchaus. Im dem sonst so vollständigen Literaturverzeichnis Bernards fehlt die wichtige Arbeit von Karlsson (Transfusionsväfnaden hos Coniferernа. — Lunds Univ. Arsskrift. Bd. 24. 1888).

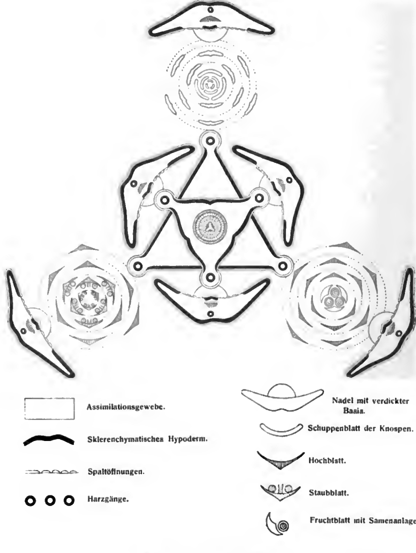


Fig. 153. *Juniperus communis.*

Synoptisches Diagramm des Spross- und Blütenbaues (männliche und weibliche Pflanze kombiniert). Darstellung von 2 Nadelquirlen samt den dazu gehörigen Querschnitten der darunter liegenden Internodien; der untere (äussere) Nadelquirl trägt in den Achseln der Nadeln eine männliche Blüte (links), eine weibliche Blüte (rechts) und einen Seitenspross (oben). (Orig. Sch.)

Bodens, geschieht dies bei dem strauchigen Wuchs der var. *frutescens* Klinggr.[1]), der bei der Abart *depressa* Pursh (Fig. 152 D) sogar zum ausgebreiteten Spalierwuchs wird. Die baumartigen Formen zeigen einen deutlichen astlosen Schaft, der sich in eine breitgewölbte oder spitze Krone fortsetzt (Fig. 152 A u. B). Die Äste sind weit abstehend mit abwärts gebogenen Enden, die Zweige hängend. Nach Beissner (2) wächst meistens die männliche Pflanze mehr spitz aufstrebend, die weibliche mehr ausgebreitet. Bei der Abart *hibernica* Gord. sind alle Äste und Zweige aufstrebend, sodass die Form der Krone schmal zylindrisch wird (Fig. 152 E). Die Seitenäste entstehen in den Achseln der Nadelquirle in regelloser Anordnung, bald zu 3, bald zu 2 oder einzeln; an den blühenden Sprossen sind meist die unteren Blattwirtel leer, die mittleren mit Blütensprossen, die oberen mit Laubsprossen versehen. Die Seitenäste beginnen mit 2 etwas nach hinten verschobenen seitlichen Vorblattschuppen und gehen dann sogleich zur normalen 3gliedrigen Wirtelstellung der Nadeln über, im ersten Wirtel steht das unpaare Glied nach hinten (Fig. 153). Eine Vermehrung durch wurzelnde Zweige wird von Schübeler (168) angegeben.

Die Knospen sind von schuppenartigen Nadeln bedeckt, welche nur durch ihre geringe Länge von den normalen Nadeln abweichen; eine eigentliche Niederblattbildung, das Auftreten chlorophyllloser Schuppen findet nicht statt.

Das Wachstum des Wacholders vollzieht sich am raschesten vom 5. bis zum 20. Jahre. Die baumartige Form erreicht im Maximum eine Höhe von 12,5 m; dieses Mass zeigte ein i. J. 1872 gefällter Baum am Hardangerfjord in Norwegen bei 60° 10′ nördl. Br. (168). Einer der höchsten Wacholderbäume Deutschlands stand in der Provinz Westpreussen in der Oberförsterei Jammi, Regbez. Marienwerder (Fig. 152 A), seine Höhe betrug 10 m[2]); in der Schweiz fand Pillichody[3]) auf einer Juraweide bei Chaux-de-Fonds in 830 m ü. M. ein Exemplar von 9 m Höhe, daneben stand ein Exemplar der niederliegenden Abart var. *intermedia* Schur. subvar. *depressa* Pursh, ein ausgebreiteter Teppichstrauch von 3 m Durchmesser und 30 cm Höhe! (Fig. 152 D.)

Das Dickenwachstum des Stammes ist sehr wechselnd; Schübeler (168) gibt folgende Zahlen:

Alter	Durchmesser
67 Jahre	29 cm
91 „	26 „
116 „	17 „
143 „	20,5 „
172 „	23 „
297 „	33 „

Der Spross ist deutlich in Knoten und Internodien gegliedert; die letzteren sind dreikantig, an den Kanten laufen als dicke abgerundete Wülste die aus den Nadeln austretenden Harzgänge herab (Fig. 153), welche in der Insertionshöhe des nächstunteren Wirtels stumpf endigen; auf der Mitte der Fläche verläuft je eine Furche. Die Kanten entsprechen den oberhalb des Internodiums sitzenden Nadeln, die Furchen den Zwischenräumen zwischen je 2 Nadeln. Da die aufeinander folgenden Nadelquirle miteinander abwechseln, so ist dies auch bei den Kanten und Flächen der Internodien der Fall; am Knoten trifft eine Interfoliar-

[1]) Klinggräff. Über die westpreussichen Formen von *Juniperus communis*. Ber. üb. d. 4. Versamml. d. westpreuss. bot.-zool. Vereins in Elbing 1882; nach Botan. Jahresber. 1882. Abt. 2. S. 54.

[2]) Conwentz, Forstbotanisches Merkbuch, I. Provinz Westpreussen. Berlin 1900. S. 41

[3]) Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. Bd. 51. 1900. S. 121.

furche jeweilen mit einem Kantenwulst des nächstunteren und nächstoberen Internodiums zusammen.

Die primäre Rinde ist durch den Mangel von Collenchym und Sklerenchym ausgezeichnet, die sekundäre durch die in regelmässigen tangentialen Reihen auftretenden Bastfasern, welche meist durch drei Reihen dünnwandiger Zellen von einander getrennt sind. Diese führen in ihren radialen Zellenwänden Kristallsand[1]); die mittlere Reihe besteht aus Bastparenchym, die äusseren, an die Bastfasern grenzenden aus Siebröhren mit sehr zahlreichen wandständigen Siebplatten. Die Borkebildung wird durch ein ringförmiges, inneres Periderm eingeleitet, das ungefähr in der Mitte zwischen Epidermis und primären Bastbündeln gegen den Schluss der ersten Vegetationsperiode auftritt. Durch dasselbe werden die 3 Kanten mit den blattbürtigen Harzgängen abgetrennt. Die inneren borkebildenden Periderme besitzen eine grosse Flächenausdehnung und führen so zur Bildung einer Ringelborke, die in silbergrauen, papierdünnen, langen und biegsamen Streifen abblättert. Sie enthält Harzgänge, die wohl erst sekundär durch Zerstörung von Zellgruppen entstanden sind. (53).

Das Holz ist schön rötlich gefärbt, angenehm riechend, feinfaserig, zäh und schwer spaltbar, dauerhaft, dabei weich und leicht zu bearbeiten; es wird zu Drechslerarbeiten und Holzschnitzereien, sowie zum Auslegen von Möbeln gesucht (30). Es enthält das Harz nicht in Harzgängen, sondern in Spätholztracheïden und Markstrahlzellen. — (Sch.)

Die Blüten sind zweihäusig verteilt, doch kommen auch einhäusige Pflanzen selten vor (187), indem auf überwiegend männlichen oder weiblichen Exemplaren Blüten des anderen Geschlechtes auftreten.[2]) Forsberg[3]) hat (in Schweden) die Beobachtung gemacht, dass anscheinend die Bodenbeschaffenheit von grösstem Einfluss auf das Mengenverhältnis ist, in welchem männliche und weibliche Pflanzen an derselben Örtlichkeit vorkommen, derart, dass auf bewachsenem Waldboden und dergl. die Zahl der weiblichen Exemplare, auf offenem mageren Sandboden und überhaupt unter ungünstigen Ernährungsbedingungen die der männlichen das Übergewicht erlangt. Auch sterile Exemplare hat Forsberg in Schweden beobachtet, deren Zahl im lichten Walde 7 %, bei starker Beschattung im dichten Walde sogar bis zu 23 % betrug. Sehr selten scheinen sich Zwitterblüten auszubilden; den einzigen beobachteten Fall, in welchem ein bei Seeshaupt am Starnberger See stehender grosser Busch fast ausschliesslich hermaphrodite Blüten trug, beschreibt O. Renner[4]). Der Hauptanlage nach sind die Blüten weiblich, die Zwitterigkeit wird durch accessorische Ausbildung von Antheren an den sterilen Schuppen des weiblichen Blütensprosses hervorgebracht; an einzelnen Zweigen fanden sich allmähliche Übergänge bis zu rein weiblichen Blüten. In den Zwitterblüten trugen meistens die 2—3 unter den Fruchtschuppen stehenden Blattquirle Antheren, oder unter den Fruchtschuppen stand noch ein Quirl steriler Blättchen. Diese Zwitterblüten waren ausgeprägt protogyn, indem der Pollen fast um 14 Tage später reifte, als die Mikropylen entwickelt waren; zu dieser Zeit waren gar keine geschlechtsreifen weiblichen Organe mehr vorhanden.

Männliche und weibliche Blüten werden im Herbst als kurze Seitensprosse in Blattachseln der mittleren Nadelquirle eines Zweiges angelegt und sind im

[1]) Über diese Ablagerung von oxalsaurem Kalk in die Zellmembranen vgl. Hartig, Forstl. Kulturpflanzen, Taf. X, Fig. 2; Frank in Bot. Zeitung, Bd. 22, 1864, S. 160 bis 162; Solms-Laubach in Bot. Zeitung, Bd. 22, 1871. S. 509, 535, 541.

[2]) Vgl. auch Boesemann in Mitteil. Thür. bot. Ver. N. F. 11. Heft. 1897. S. 7.

[3]) Botan. Centralblatt, Bd. 33. 1888. S. 91.

[4]) Flora, Bd. 93. 1904. S. 297.

April oder Mai, in Giessen (79) durchschnittlich am 10. Mai, funktionsfähig. Die männlichen Blüten (Fig. 153 u. 154 A) stehen einzeln, meist schräg abwärts gerichtet, sind von einer länglichen Gestalt und gelblichen Farbe, 4—5 mm lang, und bestehen aus einigen Quirlen von je 3 Antheren (Fig. 153) von schuppenförmigem Aussehen, von denen die unteren an ihrem unteren Rande 3—7, in der Regel 3 oder 4, Pollensäcke tragen (Fig. 154 B, C), während an der Spitze der Blüte eine Entwicklungshemmung eintritt, die zu einer Reduktion der Staubblätter führt. Der zweitoberste Wirtel besteht aus solchen, welche nur 2 Pollensäcke tragen und am Gipfel der Blüte finden sich statt der Antheren einzelne Pollensäcke (Mikrosporangien). Während ferner die Staubblätter der unteren

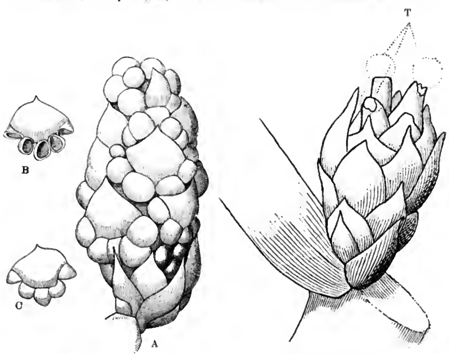


Fig. 154. *Juniperus nana.*
A Männliche Blüte kurz vor dem Stäuben, B eine Anthere mit geöffneten Pollensäcken von innen, C dieselbe von aussen gesehen. 15 : 1. (Orig. K.)

Fig. 155. *Juniperus communis.*
Weibliche Blüte zur Zeit der Empfängnisfähigkeit, mit Flüssigkeitströpfchen T auf den Mikropylen der 3 Samenanlagen. 30 : 1. (Orig. K.)

Wirtel schuppenartige Spreiten besitzen, die in der Knospe die Pollensäcke der nächsthöheren Antheren bedecken und schützen, ist am zweitobersten Staubblattwirtel die Spreite nur angedeutet; hier ist das zu schützende Areal viel kleiner und es wird der Schutz ausserdem von den Spreiten der tiefer stehenden Staubblattanlagen übernommen (56). In den Pollensäcken bildet sich auf der nach innen gewendeten Seite ein weites Loch aus, durch welches der weissliche Pollen in Form von kleinen Wölkchen entlassen wird, um vom Winde fortgetragen zu werden. Von einer indusiumartigen Bildung auf dem schuppenförmigen Teil der Anthere, wie sie nach Goebel[1]) bei *Juniperus sabina*, *J. chinensis* und anderen *Cupressineen* vor-

[1]) Botan. Zeitung. Bd. 39, 1881. S. 701 f., Taf. VI, Fig. 22—24.

handen ist, findet sich bei *J. communis* nur eine schwache Andeutung. Das Verstäuben des Pollens geschieht nur bei trockenem Wetter, da bei feuchter Witterung die Antheren sich durch Ausdehnung dicht an einander legen und

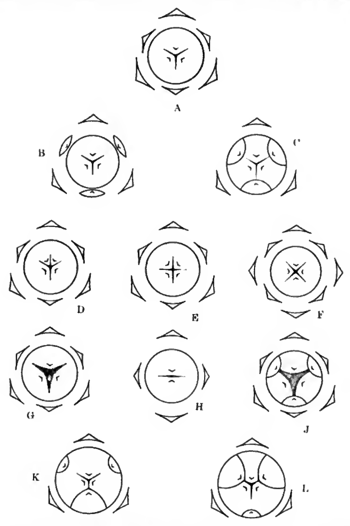


Fig. 156. *Juniperus communis.* Variationen in den Stellungs- und Zahlverhältnissen der weiblichen Blüten.

A Normalfall; B Übergang des oberen Hochblattquirles in sterile Fruchtschuppen; C die 3 oberen Hochblätter zu Fruchtschuppen umgebildet; D Beginn der Spaltung eines der 3 Fruchtblätter; E Hochblätter in 2 dreigliederigen Quirlen, Fruchtblätter in einem 4gliederigen; F 4zählige Blüte; G Fruchtblätter an der Spitze nicht verwachsen, sodass die Samen von oben sichtbar sind; H 2zählige Blüte; J 3zählige Blüte mit 2 Quirlen von Fruchtblättern, von denen die obersten unvollständig verwachsen sind; K oberer Hochblattquirl zu 1 fruchtbaren und 2 sterilen Fruchtblättern umgewandelt; L oberer Hochblattquirl in 2 fruchtbare und 1 steriles Fruchtblatt umgewandelt. (Orig. Sch.)

deshalb zwischen ihren Rändern keinen Pollen austreten lassen (95). Die Pollenkörner sind von ovaler Gestalt, haben eine sehr dünne, feinkörnige Exine, und enthalten in manchen Gegenden (Schweden) reichlich Stärke, während in anderen (Österreich) nur in wenigen Pollenkörnern Stärke vorkommt: die Intine ist stark quellbar, sodass bei Benetzung die Exine gesprengt und meistens abgeworfen wird (112). Die weiblichen Blüten (Fig. 155) sehen kleinen Laubknospen ähnlich, stehen einzeln und aufgerichtet, sind grün, 2 mm lang. Sie bestehen aus mehreren 3gliedrigen Quirlen von Schuppenblättern, von denen in der Regel die 3 gipfelständigen, welche konkav gekrümmt sind, je eine Samenanlage tragen; indessen kommen in den Stellungs- und Zahlenverhältnissen der weiblichen Blüten zahlreiche Variationen vor, deren hauptsächlichste in Fig. 156 veranschaulicht sind.[1]) So sind bisweilen bei normaler Anzahl der sterilen Schuppenblätter statt dreien 4 fertile Schuppen vorhanden (Fig. 156 E), oder die ganze weibliche Blüte ist nach der 2-Zahl (Fig. 156 H) oder nach der 4-Zahl (Fig. 156 F) gebaut; auch der Fall ist beobachtet, dass bei normaler 3-Zahl der Quirlglieder eine Umbildung der oberen Hochblätter zu Fruchtblättern eintritt, welche entweder alle oder zum Teil steril bleiben (Fig. 156 B, K, L) oder auch fertil werden können (Fig. 156 C); endlich kommt eine Vermehrung der Fruchtblätter auf 6 (Fig. 156 J) und ein mangelhaftes Verwachsen derselben (Fig. 156 G, J) vor. Auch teilweise Spaltung eines Fruchtblattes kann eintreten (Fig. 156 D). Die Samenanlagen alternieren mit den Fruchtschuppen, was Strasburger (74) durch die Annahme erklärt, dass von ursprünglich vorhandenen je 2 Samenanlagen einer Fruchtschuppe eine regelmässig abortiere; diese Ansicht wird von Kramer[2]) durch den Hinweis darauf unterstützt, dass häufig eine der 3 Samenanlagen fehlt oder unvollkommen ausgebildet ist. In der Mitte stossen die 3 Samenanlagen so zusammen, dass sie zwischen sich keinen Raum für irgend ein anderes Organ lassen (68); sie überragen die Schuppen mit ihrer Spitze und besitzen halsförmig verlängerte, mit einem unregelmässig gezähnelten Rande versehene Mikropylen, aus denen zur Zeit der Geschlechtsreife ein Flüssigkeitströpfchen austritt, wie bereits Vaucher (187) beobachtet hat.

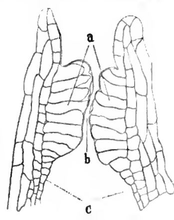


Fig. 157. *Juniperus communis.* Verschluss des Mikropylekanales b nach der Befruchtung. a zum Verschluss gebildeter Gewebewulst, aus der innersten Zellschicht c des Mikropylenhalses hervorgegangen. 110 : 1. (Orig. Kubart.)

Die Bestäubung vollzieht sich wie bei *Taxus;* nach ihrem Eintritt wird die Mikropyle, wie B. Kubart feststellte[3]), durch eine wulstige Gewebewucherung, die im Innern des Halses auftritt, verschlossen. Es findet ein rasches

[1]) Vgl. C. Schröter, Über abnorme Beerenzapfen von *Juniperus communis* L. Ber. schweiz. botan. Gesellsch. Heft 7, Bern 1897, S. 7.

[2]) Kramer, A., Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und des anatomischen Baues der Fruchtblätter der *Cupressineen* und der Placenten der *Abietineen.* Dissert., Leipzig 1885.

[3]) Nach frdl. schriftlicher Mitteilung aus seiner demnächst erscheinenden Wiener Inaug.-Dissertation.

Wachstum der Zellen der innersten Schicht des Mikropylenhalses in einer ringförmigen Zone statt, wobei die vorher isodiametrischen Zellen sich gegen die Längsaxe des Halses auffallend strecken, ohne indessen schliesslich überall fest aneinander zu liegen (Fig. 157). Das Ende der Mikropyle und der Gipfel des Nuzellus vertrocknen nach der Bestäubung und tragen mit zum Verschluss der Mikropyle bei. Die fertilen Schuppen wachsen heran, indem zuerst auf der Mitte ihrer Innenseite ein Wulst entsteht, der später an Grösse zunimmt. Die von Anfang an am Grunde miteinander verwachsenen Fruchtblätter zeigen nun an dieser Stelle ein intensives interkalares Wachstum, durch welches die weibliche Blüte die Form einer Glocke bekommt und die Samenanlagen beträchtlich in die Höhe gehoben werden. Hierauf beginnen die Anschwellungen der Fruchtblätter sich weiter zu entwickeln, überragen bald die Blattspitzen und drängen diese etwas nach auswärts, während sie allmählich die Öffnung der Glocke verengen und in den normalen Fällen schliessen. Wenn diese 3 Wülste einander genähert sind, so zeigen ihre Epidermiszellen papillöse Auftreibungen, welche ineinander greifen und das ganze Gebilde der Zapfenbeere schliessen, sodass die Samen ins Innere derselben gelangen [1]). Ausnahmsweise beteiligt sich auch der unter den Fruchtschuppen stehende Wirtel von Schuppen in verschiedenartiger Weise an der Zapfenbildung (Fig. 156 B, C, J—L), indem die Schuppen sämtlich oder zum Teil die Beschaffenheit der Fruchtschuppen annehmen und mit den fertilen mehr oder weniger weit verwachsen. Bisweilen verwachsen die fruchtbaren Schuppen an der Spitze nicht vollständig miteinander, sondern lassen einen Spalt offen, hinter dem die Samen sichtbar sind (Fig. 156 H) (var. *thyiocarpos* Aschers. u. Graebn.). Der Beerenzapfen nimmt beim weiteren Wachstum eine kugelige Gestalt an, vergrössert sich langsam und bleibt bis zum Herbst des nächsten Jahres grün, dann bekommt er eine fleischige Konsistenz (Fig. 158) und erhält eine schwarzbraune Farbe, welche dadurch bläulich erscheint, dass sich auf der Aussenseite der Epidermis ein Wachsüberzug befindet. Die Umfärbung der Beerenzapfen wurde von Nestler [2]) einem Pilze zugeschrieben, dessen Hyphen er in den reifen, sowie in den noch grünen, beinahe reifen Scheinfrüchten fast ausnahmslos vorfand, und welche durch Oxydation des Zellinhaltes die Bildung von dunkelbraunen kugeligen Massen in den Zellen veranlassen sollten. Später zeigte indessen A. Lendner [3]), dass bei der Umfärbung die auch von ihm, wenn auch durchaus nicht immer, aufgefundenen Pilzhyphen gar keine Rolle spielen, sondern lediglich Oxydationsvorgänge unter dem Einfluss des Sauerstoffes der Luft im Zellinnern stattfinden. Die drei äussersten Zellschichten der Scheinbeere sind nach Lendner immer unverpilzt; sie besitzen in den noch grünen Wacholderbeeren einen homogenen grünlichgelben Inhalt, welcher zum Teil aus Gerbstoffen, zum Teil aus

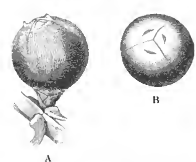


Fig. 158. *Juniperus communis.* Beerenzapfen A von der Seite, B von oben. 5 : 1. (Orig. K.)

[1]) Kramer, A., a. a. O.

[2]) Nestler, H. Über das Vorkommen von Pilzen in Wacholderbeeren. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Bd. 17. 1899. S. 320.

[3]) Lendner, A. Sur les causes qui déterminent la coloration des fausses-baies du *Juniperus communis.* Bull. des Sciences pharmacologiques. vol. VII. 1903. p. 114—118.

harzartigen Substanzen besteht; allmählich vermindern sich die Gerbstoffe und vermehren sich die Harze, indem erstere durch Oxydation in weniger lösliche gerbstoffhaltige Harze übergeführt werden, welche sich dann in braunen Kügelchen lokalisiert finden. Diese Oxydation spielt sich unter dem Einfluss des Sauerstoffes der Luft durch Einwirkung von Peroxyden (Gerbstoffen) und von Peroxydasen auf die tanninartigen und harzartigen Stoffe des Inhaltes der peripherischen Zellen ab; die Peroxydasen herrschen vor und finden sich besonders in den noch unreifen Scheinbeeren. Pilzhyphen fand Lendner in unreifen grünen Beeren und in vertrockneten reifen in der Regel gar nicht, häufiger, aber auch nur in etwa 30% der untersuchten Fälle, in reifen, noch gut turgeszenten Scheinfrüchten; die Hyphen fanden sich hier in den Interzellulargängen des Fruchtfleischparenchymes, sehr selten im Zellinnern, und gehörten, wie Kulturversuche ergaben, mindestens drei Pilzarten an, nämlich *Aspergillus glaucus* und wahrscheinlich einem *Microsporium* und einem *Cladosporium*. Vom Winter des 2. Jahres an fallen die Zapfenbeeren ab. Bei den verschiedenen Varietäten beträgt der Durchmesser der Zapfenbeere 4—9 mm. Die darin enthaltenen Samen (Fig. 159) sind hellbräunlich, von länglicher, etwas 3kantiger Gestalt und mit einer knochenharten Schale versehen; von den ursprünglichen 3 Samenanlagen verkümmern oft 1—2. Der Embryo trägt 2 Kotyledonen. Die „Wacholderbeeren" enthalten in ihrem Fleisch unter anderem Traubenzucker und das ätherische Wacholderöl, welches in schizogenen Ölbehältern [1]) sich findet. Es riecht aromatisch, hat ein spez. Gewicht von 0,86—0,88, polarisiert links und besteht aus einem Gemenge zweier Camphene von der Formel $C_{10}H_{16}$; es besitzt giftige Eigenschaften.



Fig. 159. *Juniperus communis.* Same. 6 : 1. (Orig. K.)

Während im unreifen Zustande die Beerenzapfen durch ihre grüne Farbe, unangenehmen Geschmack und Saftlosigkeit vor Nachstellungen durch Tiere geschützt erscheinen, sind sie dagegen bei der Reife der endozoischen Verbreitung durch Vögel angepasst: Krammetsvögel, Schwarzamseln, Ringdrosseln, Misteldrosseln, Alpenkrähen, Birkhühner und Schneehühner fressen die Wacholderbeeren und setzen deren durch die feste Samenschale geschützte Samen mit ihren Exkrementen wieder ab; so gelangen Wacholdersträucher auf unzugängliche Felsen, Mauern etc.[2]). Ausserdem lässt sich aber auch eine synzoische Verbreitung der Beerenzapfen beobachten (171), da sie durch Ameisen (*Formica pratensis*) in ihre Haufen geschleppt, in Skandinavien auch von Lemmingen eingesammelt werden, welche das Fleisch der Zapfen verzehren. Gelegentlich können die reifen Beerenzapfen, wenn sie in frischem oder ausgetrocknetem Zustand ins Wasser fallen, durch dessen Strömungen fortgetragen werden, da sie sich bis zu 13 Tagen schwimmend erhalten, ehe sie untersinken (171).

Nach Gärtner (51) besitzt *Juniperus communis* Fruchtungsvermögen in ausgezeichnetem Grade. Die vegetative Vermehrung durch Ableger und Stecklinge gelingt leicht. — (K.)

B. *Juniperus communis* L. var. *nana* Willd. (als Art) (= *J. alpina* J. E. Gray).

Zwergwacholder.

Diese der Arktis und der alpinen Region der Gebirge angehörende Abart zeichnet sich durch ihren ausgebreitet niederliegenden Wuchs bei höchstens

[1]) Vgl. Tschirch, A., Angewandte Pflanzenanatomie. Bd. I, Wien u. Leipzig 1889, S. 485 u. 488.

[2]) Huth, E., in Kosmos. Bd. V, 1881, S. 280. — Piccone, A., Di alcune piante

30 cm Höhe, und ihre gedrängter stehenden, anliegenden, weicheren, weniger spitzen und kürzeren, meist gekrümmten Nadeln aus, welche die Scheinbeere kaum überragen. Sie wird in systematischer Hinsicht verschieden aufgefasst, von den einen als gute Art oder wenigstens Unterart, von andern als blosse klimatisch induzierte Form. Für letztere Auffassung sprechen folgende Tatsachen:

1. Es finden sich alle erdenklichen Übergänge zwischen *Juniperus communis* und *J. nana*, einerseits in den Alpen in der Höhenzone, wo die Alpenform die Ebenenform allmählich ablöst (in der Schweiz bei ca. 1500—1700 m, z. B. Rigi-kaltbad, oberhalb Zermatt), andererseits im hohen Norden. So sagt Kihlmann (96) von Lappland: „Zwischenformen kommen in ungeheuren Mengen und in allen nur denkbaren Abstufungen vor; die Abhängigkeit der Formen vom Standort ist unverkennbar; an den offensten, windigsten Örtlichkeiten sucht man immer die *communis*-Form vergebens, während sie dicht nebenan in einer Talsenkung oder sogar an einem geschützten Absatz der Felsen typisch ausgebildet ist. Wie ich schon früher hervorgehoben habe, findet man sogar Sträucher, welche an verschiedenen Zweigen sehr deutliche Abweichungen in der Blattform und Blattstellung zeigen, je nachdem sie mehr oder weniger den Unbilden der Witterung ausgesetzt sind. Eine weitere Stütze dieser Auffassung der *nana*-Form finde ich auch in dem Umstande, dass an den sturmgepeitschten äusseren Scheeren an den finnischen Küsten ähnliche Zwischenformen vorkommen, wie auf den lappischen Tundren."

2. Bei Kultur in der Ebene geht der Zwergwacholder im Laufe einiger Jahre in den gemeinen Wacholder über, und zwar nicht etwa nur bei Aussaat, sondern an ein und demselben Individuum; das wurde im Berliner botanischen Garten [1]) und im Garten des botanischen Institutes des Polytechnikums in Zürich [2]) konstatiert.

3. Umgekehrt nimmt *J. communis* bei Kultur in den Alpen die Eigenschaften der *J. nana* an. Bonnier [3]) verpflanzte Exemplare von Fontainebleau auf die Felsen der Pierre Pointue in der Monthlanc-Kette bei ca. 2050 m; nach 3 Jahren hatten die zwei einzigen überlebenden Exemplare ihre Gipfel verloren und sich seitlich ausgebreitet, ganz den Charakter von *J. nana* annehmend. In der Blattanatomie zeigten sich freilich beträchtliche Unterschiede von *nana*; hierüber weiter unten.

4. Die anatomische Struktur des Blattes zeigt, wie das morphologische Verhalten, alle Übergänge von einem zum andern Extrem.

Über die anatomische Differenz der beiden Formen (Fig. 160) liegen sehr verschiedenartige Angaben vor. v. Wettstein [4]) hält sie für auch anatomisch getrennte Arten und betrachtet die Mittelformen als Bastarde; Ascherson [5]) bestätigt die Befunde v. Wettsteins; Erb (a. a. O.) dagegen findet die anatomischen Merkmale wenig konstant; Bonnier (a. a. O.) untersuchte die Veränderung der anatomischen Struktur bei Kultur von *J. communis* in den Alpen. Folgende Tabelle gibt die Resultate dieser Forscher wieder:

ligure disseminate da uccelli carpofagi. Vgl. Botan. Jahresb. Bd. 14, Abt. 1, 1886. S. 835. — Massart, J., La dissémination des plantes alpines. Gand 1898. S. 21.

[1]) Ascherson u. Graebner, Synopsis. Bd. I, S. 247.

[2]) C. Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1904, S. 94.

[3]) Bonnier, G., Les variations de la structure chez une même espèce. Assoc. franç. pour l'avanc. d. sc. Comptes rend. de la 20me session, 1892, II. partie, p. 521.

[4]) v. Wettstein, R., Über die Verwertung anatomischer Merkmale zur Erkennung hybrider Pflanzen Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-phys. Klasse. Bd. 96, I. Abt. 1897, S. 312.

[5]) Synopsis. Bd. I, S. 247.

Juniperus communis (Fig. 160, I—X).

	v. Wettstein (v. Ascherson bestätigt) (Fig. 160, I)	Erb (Fig. 160, II—V).	Bonnier
Form Quer-schnitt	dreieckig Unterseite abgerundet Kanten scharf Oberseite flach Höhe: Breite = 3,5 : 9 Nadeln **d i c k e r** als bei *nana.*	dreieckig Unterseite abgerundet (II—IV) oder ausgerandet (V) Kante scharf (II) oder gerundet (III—V) Oberseite flach (III) vorgewölbt (II) oder konkav (IV u. V). Höhe: Breite sehr schwankend.	Nadeln gleich breit, aber **d ü n n e r** als bei Kultur in den Alpen.
Hypoderm	Die ganze Unterseite und die Hälfte der Oberseite bedeckend, zweischichtig; Mittelstrang der Oberseite vorhanden	Im ganzen stärker entwickelt als bei *nana*, oft aber auch nur einschichtig. Mittelstrang oft fehlend (III—V).	Die „schützenden" Gewebe (Cuticula und Hypoderm) **s c h w ä c h e r** entwickelt als in den Alpen.
Harzgang	sehr weit, an das Hypoderm anstossend, von der Gefässbündelscheide kaum getrennt; Epithelzellen 10—16.	Meist in d. Hypoderm der Unterseite hineinreichend. Weite des Ganges und Zahl d. Ephitelzellen sehr schwankend.	Relativ eng, 2 ½—3 mal so eng als in den Alpen.

Juniperus nana

	v. Wettstein (Fig. 160, X).	Erb (Fig. 160, VI—IX).	Bonnier (in den Alpen kultiviertes Exemplar von *J. communis.*)
Form Quer-schnitt	dreieckig Unterseite ausgerandet Kanten abgerundet Oberseite konkav Höhe: Breite = 3,2 : 9. Blatt also etwas **d ü n n e r** als bei *communis.*	dreieckig Unterseite abgerundet (VII—IX) oder flach (VI) Kanten abgerundet (VII, IX) oder scharf (VI, VIII) Oberseite flach (VII, IX) oder gewölbt (VI, VIII) Höhe: Breite sehr schwankend.	Nadeln gleich breit, aber **d i c k e r** als in der Ebene; besonders d. Assimilationsgewebe stärker entwickelt, namentlich d. Palissaden.
Hypoderm	Die Seitenflächen der Unterseite und ein Viertel d. Oberseite bedeckend, einschichtig, Mittelstrang der Oberseite fehlt.[1]	Meist die ganze Unterseite bedeckend, an der Kante 4schichtig, sonst meist 2schichtig. Mittelstrang fehlend, (VI—VIII) oder vorhanden (IX).[2]	Die „schützenden" Gewebe (Cuticula und Hypoderm) sind **s t ä r k e r** entwickelt als in der Ebene.
Harzgang	weit, von der Epidermis u. von der Gefässbündelscheide durch 1—2 Zelllagen getrennt; Epithelzellen 8—12.	Nur selten in das Hypoderm der Unterseite hineinreichend. Weite des Gangs und Zahl d. Epithelzellen sehr schwankend.	Sehr weit, 2 ½—3 mal so weit als in der Ebene.

[1] Auch Ascherson (Synopsis I S. 247) sagt: mit der abnehmenden Grösse der Pflanze und Länge der Blätter macht sich eine auffällige **A b s c h w ä c h u n g** des mechanischen Systems bemerkbar.

[2] Auch Ascherson l. c. fand an Exemplaren hochalpiner Standorte mehrfach einen ziemlich kräftig entwickelten „Mittelstrang."

Während also v. Wettstein die Nadeln der Ebenenform dicker findet, sieht Bonnier bei seinen Kulturen in den Alpen die Nadeln dicker werden; während v. Wettstein und Erb das Hypoderm übereinstimmend bei der Form der Ebene als stärker entwickelt konstatieren, sieht umgekehrt Bonnier an der Alpenform das Hypoderm sich verstärken; der Harzgang ist nach v. Wettstein bei der Ebenenform weiter, nach Bonnier vergrössert er seinen Durchmesser um das $2^1/_2$—3fache bei Kultur in den Alpen[1])!

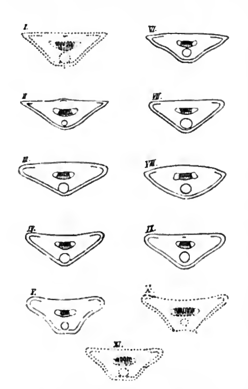


Fig. 160. Schematische Übersicht über die Nadelanatomie von *Juniperus communis* var. *vulgaris* Spach. (I—V), var. *nana* Willd. (VI—X) und var. *intermedia* Sanio (XI); aus Erb, a. a. O.

I. nach Wettstein; II. Anatolien; III. botan. Garten Zürich; IV. Rigi; V. Scheinfeld im Steigerwald, Bayern; VI. Obergurgl i. Ötztal, sonnig, bei 1900 m; VII. Tuiuliän, Finnland; VIII. Königsjoch i. Ötztal, ca. 2600 m; IX. Albula 2400 m; X. und XI. nach Wettstein.

Sehr auffallend ist auch die Tatsache, dass Ascherson bei den in der Ebene (Lyck in Ostpreussen) auftretenden Exemplaren von *J. nana* auch den anatomischen Blattbau der Gebirgsexemplare vollkommen wiederfand[2]). Es scheint fast, als ob die anatomischen Differenzen auf zweierlei Ursachen beruhten: einerseits auf Anpassung an klimatische Faktoren, andrerseits auf fixierten Unterschieden einer Abart, oder mit andern Worten: als gäbe es zweierlei Zwergwacholder, einen induzierten und einen angeborenen, erblich fixierten[3]).

Die Hypothese Kerners (91), dass nicht *Juniperus communis* die Stammform von *J. nana*, sondern umgekehrt der Alpenwacholder die ältere, ursprüngliche Form sei, aus der der Ebenenwacholder sich entwickelt habe, besitzt viel Wahrscheinlichkeit namentlich wegen der ungeheuer weiten und unterbrochenen

[1]) Es scheint, dass die Einwirkung von gallenbildenden Insekten ähnliche Veränderungen hervorruft, wie das alpine Klima. C. Houard (Comptes rend. de l'Ac. des sc. Paris, 2. janv. 1905) hat nachgewiesen, dass bei *Oligotrophus*-Gallen die von Bonnier angeführten „alpinen“ Merkmale bedeutend gesteigert werden.

[2]) Vgl. Sanio. Deutsche botan. Monatsschr. 1883, S. 33 u. 49.

[3]) Dafür spricht auch folgende frdl. schriftliche Mitteilung von L. Beissner an den Verf.: „Was die Samenbeständigkeit von *J. nana* Willd. anbelangt, so habe ich keine Daten, aber einen (allerdings leider nur diesen einzigen) Sämling, welcher sehr schön die typische *nana*-Form zeigt.“ — Aussaatversuche sind auf der forstlichen Versuchsanstalt auf dem Adlisberg b. Zürich von Prof. Arn. Engler eingeleitet.

Verbreitung des Alpenwacholders. Dann würde die erbliche Alpenform der Stammform entsprechen, die induzierte Zwergform wäre aber nicht einfacher Rückschlag zu dieser, sondern eine in etwas anderer Richtung erfolgende Weiterbildung der aus der erblichen Alpenform abgeleiteten Ebenenform.

Die geographische Verbreitung des Zwergwacholders ist eine ausserordentlich weite und sehr disjunkte. Er besitzt folgende getrennte Verbreitungsbezirke. 1. Nordafrika: auf dem Dschurdschur-Gebirge in Algier. 2. Gebirge des mittleren und südlichen Eurasiens: Portugal, Spanien, Pyrenäen, Auvergne, Alpen von der Dauphiné bis zum Wiener Schneeberg, Korsika, Sardinien, Nord- und Mittelitalien, (fehlt im Schwarzwald und in den Vogesen), mitteldeutsche Gebirge (spärlich im Riesengebirge und mährischen Gesenke, sehr selten in der norddeutschen Ebene: Lyck in Ostpreussen), Karpathen, Balkanländer bis Griechenland, Kaukasus (von Kolchis bis zum Talysch), Kleinasien, Nordpersien (fehlt in Afghanistan), westlicher Himalaya, Dsungarei, Alatau, Turkestan, Altai, Baikalgebiet, Dahurien bis Kamtschatka. 3. In den Ebenen und Gebirgen des nördlichen subarktischen und arktischen Gebietes rings um den Pol: Grossbritannien, Island, Skandinavien bis zum Nordkap 71° n. Br., Enare Lappland (bei 70° n. Br. noch bis 415 m ansteigend), Kola-Halbinsel, Inseln des weissen Meeres (dort das einzige Holzgewächs!), Tundra der Samojeden, Petschora bis 68° n. Br. (fehlt auf Nowaja Semlja), Ural (südwärts bis 54° n. Br.; fehlt dem grössten Teil des europäischen Russlands), Westsibirien, arktisches und nördliches Nordamerika (Sitka, Vancouver, Britisch-Columbia, Gebiet des Huron-, Winipeg- und Michigan-Sees, Yellowstone-Park, Canada, Neufundland, Hudsonbai), Grönland.

Die Höhengrenzen sind folgende: Sierra Nevada 1625—2922 m, Schweizer Alpen im Mittel 1800—2500 m, St. Gallen und Appenzell 1600—2200, Glarus 1200—2300, Graubünden bis 3180 m am Piz Languard[1]), Wallis 1700—2800, Maximum 3570 m im Monte Rosa-Gebiet; beginnt am Ritten bei Bozen bei 1580 m und steigt bei Telfs bis 2212 m; bayerische Alpen 1397—2224 m, im Isergebirge schon bei 763 m, aber auf den Kämmen des Riesengebirges von 974—1461 m; im Bihariagebirge 1157—1845 m (steigt aber bis 632 m herab), Siebenbürgen bis 2200 m (Pax). In den illyrischen Hochgebirgen kennzeichnet nach G. Beck die Quote von 1400 m im allgemeinen die untere Grenze des Auftretens von *J. nana*; am Velebit aber steigt er bis 806 m herab und trifft dort mit mediterranen Formen zusammen. Seine obere Grenze liegt in diesem Gebiet bei 1900—2300 m, letzteres in Montenegro. In Serbien beginnt er vereinzelt bei 1500 m, in Beständen bei 1600 m, und geht bis 2050 m. Im Kaukasus wächst er von 2275—2925 m, im westlichen Himalaya von 1300—3575 m, in der Dsungarei und im Alatau bis 2600 m, in Turkestan von 1625—2275.[2])

Als tonangebender Bestandteil einer Pflanzengesellschaft tritt der Zwergwacholder in den nördlichen Kalkalpen und in den Zentralalpen zusammen mit den *Ericaceen* der Zwergstrauchheide auf, *Calluna*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis idaea* und *V. uliginosum*, ferner mit *Lycopodium clavatum* und *L. alpinum* und den grauen Polstern der Renntierflechte.[3]) An sonnigen Steilhängen auf Urgehirge begleitet er in den südlichen Zentralalpen den so charakteristischen Bestandestypus des bunten Schwingels (*Festuca varia*); so z. B. am Sassal Masone und im Heutal im Berninagebiet. Auf dem Bihariagebirge an der sieben-

[1]) Schriftliche Mitteilung von J. Braun.

[2]) Koeppen, Geographische Verbreitung der Holzgewächse des europäischen Russland und des Kaukasus. Petersburg 1889, II, S. 410.

[3]) Engler, A., Die Pflanzenformationen und die geographische Gliederung der Alpenkette. Notizbl. d. Kgl. botan. Gartens in Berlin. Append. VII, Berlin 1901. S. 31.

bürgisch-ungarischen Grenze bildet er nach Kerner (91) bald kleine, inselförmig in die sonnigen Alpenwiesen eingeschaltete Gruppen, bald dichte, undurchdringliche Bestände, welche in ununterbrochenem Zuge weitgehende Berghalden überziehen. Die Gebüschinseln auf den Wiesen beherbergen *Lycopodien*, *Vaccinium vitis idaea* und *myrtillus*, *Anemone alpina*, grossblütige *Achillea*-Arten und die für die siebenbürgischen Karpathen so bezeichnende *Bruckenthalia spiculifolia*.

Bestandbildend tritt der Zwergwacholder auch in den illyrischen Hochgebirgen auf; Beck (a. a. O. S. 370) schildert sein dortiges Vorkommen folgendermassen: „Der Zwergwacholder ist zumeist ein getreuer Begleiter der Legföhre und auf allen Hochgebirgen verbreitet. Fehlt die Legföhre, dann fällt dem Zwergwacholder meist der Hauptanteil an den Krummholzbeständen zu. Gewöhnlich tritt er uns als niedriger, kaum kniehoher Busch entgegen, welcher in höheren Lagen dem Boden immer mehr sich anschmiegt und zuletzt kaum die Grasnarbe überragt. Dabei vereinigen sich aber die flachen, gleichwipfligen, reichlichst verästelten Sträucher oft so massig, dass sie in einiger Entfernung wie grünende Matten erscheinen. An tiefer gelegenen Standorten erheben sich diese Buschwerke weit ansehnlicher; falls sie dann deckenartig über Felstrümmer sich legen und die Klüfte derselben überspannen, bleibt die Durchquerung dieser Gehölze stets mit den grössten Gefahren verbunden. Solche üppige Zwergwacholderbestände kann man z. B. auf der Plasa in der Crvistnica (Herzegowina) bei 1300 bis 1400 m Seehöhe beobachten, wo Sträucher von mehreren Metern Länge und Höhe wüst durcheinander geworfene Felsblöcke völlig bedecken und auch massig in die nahe Panzerföhrenformation (*Pinus leucodermis*) als Unterholz eindringen.“

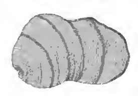


Fig. 161. *Juniperus nana.* Querschnitt durch einen 103-jährigen Stamm vom Sassalbo im Puschlav, 2600 m ü. M. auf Dolomit; der ganz einseitig gewachsene bandförmige Stamm ist links, gegen das Mark hin, stark abgewittert, rechts ist die Rinde noch erhalten. 5 : 2. (Orig. Sch.)

Als Unterholz tritt der Zwergwacholder auf: besonders häufig im Legföhrengebüsch, ferner im ausgedehnten Fichten-, Lärchen- und Arvenwald des Gebirges, nach Beck (a. a. O.) auch in der *Pinus peuce*-Formation (von 1689 m an am Peristeri in Makedonien) und in den Wäldern der *Pinus leucodermis* in Bosnien und der Herzegowina. Häufig wirkt er dunkelgrüne Inseln in die bunte Fläche der alpinen Weide, als lästiges Unkraut besonders an sonnigen, trockenen, mageren Hängen. Diese breiten, stacheligen Hecken sind ein beliebter Zufluchtsort für hochstämmige Kräuter und langhalmige Gräser: *Polemonium caeruleum*, *Aconitum napellus*, *Geranium silvaticum*, *Myosotis alpestris*, *Thalictrum aquilegifolium* und *Poa Chaixii* schmücken diese dunklen Büsche mit freundlichen Blüten; auch der Jungwuchs der Arve, Lärche und Fichte flüchtet sich gerne in den Schutz des wehrhaften Strauches. Sehr häufig spielt er auf der Weide die Rolle eines Pioniers der Vegetation, indem er sein Gezweig über Felsblöcke ausbreitet und so deren Bewachsung einleitet. Aber auch als echte Felsenpflanze tritt er auf.

Die Keimungsgeschichte von *Juniperus nana* ist nicht näher bekannt; über Wuchs, Morphologie und Anatomie der Nadeln ist das Nötige schon oben erwähnt. Das Dickenwachstum ist ausserordentlich langsam, meist stark einseitig. Schlagintweit (s. S. 227 Anm. 3) sah bei 2258 m ein 60jähriges Exemplar mit Jahresringen von nur 0,09 mm Breite; Verfasser fand auf dem Sassalbo bei Puschlav in 2600 m Höhe einen 103jährigen Stamm mit 0,37 mm Jahrringbreite (Fig. 161) und am Berninahospiz bei 2200 m einen 75jährigen mit 0,3 mm breiten

Jahresringen. Rosenthal[1]) gibt ferner folgende Jahrringbreiten von Ästen von *J. nana*: 1,1 mm in Dahlem bei Berlin, 0,108 mm bei Innsbruck auf Humus auf Kalkboden bei 1500 m, 0,288 mm ebenda auf Geröll bei 1700 m, 0,167 mm am Karerpass bei 2000 m, 0,314 mm oberhalb Samaden bei 2300 m, und 0,172 mm auf dem Berninahospiz bei 2400 m an einem 90jährigen Stock. — (Sch).

In den ökologischen Verhältnissen der Blüten und Samen unterscheidet sich *Juniperus nana* in keinem wesentlichen Punkt von *J. communis*. Auch hier findet sich eine Spielart mit aus dem Fruchtfleisch der Scheinbeere herausragenden Samen (lusus *gymnosperma* Schröter).

13. Juniperus oxycedrus L., Cedern-Wacholder.

(Bearbeitet von M. Rikli.)

Zur Gruppe des *Juniperus communis* gehörig, besitzt *J. oxycedrus*, ein xerophytisch angepasster, oligotropher, mesothermer Strauch bis Baum, ein viel kleineres Verbreitungsareal als der gemeine Wacholder. Fast ganz auf das Mediterrangebiet beschränkt, vertritt er hier, wenigstens in den Küstengegenden, *J. communis*. So erreicht er unser Florengebiet nur noch im Südosten: im österreichischen Küstenland und in Dalmatien, ist aber hier eine der gemeinsten Pflanzen.[2]) Im ganzen Küstenstrich Illyriens bildet er im noch unkultivierten Land Gebüsche und kleine Wäldchen.[3]) An der nördlichen Adria ist er in den wärmeren Gegenden Istriens noch häufig.[4]) Als wichtiger, oft sogar als Hauptbestandteil der immergrünen Gehölze wird er auf den meisten dalmatischen Inseln angetroffen. Zu einem erfolgreichen Vorstoss ins Binnenland gibt ihm das Narentatal Gelegenheit[5]): 70 km von der Küste findet er sich oberhalb Mostar noch vergesellschaftet mit *Quercus ilex*, *Pistacia terebinthus*, *Ephedra campylopoda*, *Ruscus aculeatus*, *Phillyrea latifolia*, *Euphorbia spinosa*, *Osyris alba*, *Arbutus unedo*, *Celtis australis* u. s. w. Auf der Ošanica glavica, einem bei Stolac in der Herzegowina bis zu 336 m sich erhebenden Kalkhügel, ist er noch mit 70 weiteren Mediterranpflanzen vertreten. Auch in der Umgebung von Trebinje[6]), in der südlichen Herzegowina, erscheint er an südlich exponierten Hängen nochmals mit 76 mediterranen Arten, in einer vom mediterranen Florengebiet Dalmatiens vollständig losgelösten Insel.

Ausserhalb unseres Florengebietes besitzt *J. oxycedrus* folgende Verbreitung: Madeira[7]), Nordafrika[8]), durch die Atlasländer bis ins südliche Oran und nach Tunesien. Ferner durch ganz Spanien[9]), nördlich bis nach Katalonien und Aragonien und im Westen bis in die portugiesische Provinz Traz os Montes.[10]) Selten in Südfrankreich; Ascherson und Graebner[11]) sagen sogar: „scheint in Süd-

[1]) Rosenthal, M., s. S. 227, Anm. 2.

[2]) Smith, A., Verh. der zoolog. bot. Gesellsch. in Wien. XXVIII. 1875. S. 335 ff.

[3]) Beck, Günther. Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. 1902. S. 72.

[4]) Pospichal, Ed., Flora des österreichischen Küstenlandes. Bd. I. S. 30. 1897.

[5]) Beck, Günther, a. a. O. S. 82—85.

[6]) Beck, Günther, a. a. O. S. 84.

[7]) Richter, K., Plantae europeae. I. 1890. S. 6.

[8]) Trabut, L., Les zones botaniques de l'Algérie. 1888. — Battandier et Trabut, Excursion botanique dans le Sud de la province d'Oran. B. S. B. France XXXV. 1888. S. 338—348. — Cosson, E., Forêts, bois et brousailles des principaux localités du nord della Tunésie. Paris 1884. S. 467—471.

[9]) Willkomm, M. et Lange, J., Prodromus florae hispanicae. I. 1861. S. 22.

[10]) Willkomm, M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. 1896. S. 143.

[11]) Synopsis der mitteleurop. Flora. I. 1896—98. S. 249.

frankreich zu fehlen." Flahault[1]) erwähnt jedoch diese Holzart aus der Umgebung von Montpellier; Ivolas[2]) zitiert sie aus dem Departement Aveyron, das, obwohl ganz ausserhalb des Mittelmeergebietes gelegen, noch 58 Mediterranpflanzen aufweist, und Perroud[3]) erwähnt *J. oxycedrus* unter der Ausbeute einer Exkursion im Departement Ardèche. Im Küstengebiet Korsikas[4]) ist die Pflanze nur selten und meist nur vereinzelt anzutreffen, dagegen findet sie sich in einzelnen Bergwäldern in kräftigen, öfters fast baumartigen Exemplaren. Verbreiteter ist *J. oxycedrus* auf Sardinien und Sizilien, ebenso von der Riviera durch ganz Italien. Längs der Dinara lässt sich dann diese Holzart von der Herzegowina weiter durch ganz Montenegro[5]) und Albanien verfolgen, im Süden immer weiter ins Binnenland eindringend. In Mittel- und Südgriechenland ist sie allgemein verbreitet[6]) und häufig, ebenso im Rhodopegebirge[7]), doch erreicht der Cedernwacholder auf diesem Wege das ungarische Tiefland nicht mehr. Seine nördlichsten Standorte liegen im südlichen Serbien[8]), im Talsystem der westlichen Morava. Mit *J. oxycedrus* gehen hier übrigens nur noch drei weitere Mittelmeerpflanzen so weit nach Norden, es sind: *Celtis australis*, *Coronilla emeroides* und *Pirus amygdaliformis*. Auch auf dem ägäischen Archipel und in Syrien[9]) (Lycien, Pamphylien, Pisidien, cilicischer Taurus) ist die Pflanze noch weit verbreitet.

Auf der Krim[10]) gehört *J. oxycedrus* der ganzen Südküste an. Im Kaukasus[11]) ist er in den östlichen Steppen des Kuratales und an der Jura ausserordentlich häufig, doch wird er nach Westen immer seltener; erst an den Küsten des Schwarzen Meeres findet er sich wieder, stellenweise sogar massenhaft, meist jedoch sehr zerstreut.

In Transkaukasien wird der Südabhang des Bos-dagh südlich Kars als Artschan-dagh[12]) d. h. Wacholdergebirge bezeichnet; *J. excelsa* und *foetidissima* in Baumform und *J. oxycedrus* als Strauch bedecken in lichten Beständen die

---

[1]) Flahault, Envoi des plantes de Montpellier. B. S. Bot. France 1885. S. 185. 201 u. 237.

[2]) Ivolas, J., Note sur la flore de l'Aveyron. B. S. Bot. France 1885. S. 286—292.

[3]) Perroud, Herborisations sur les rochers de Donzère et de Viviers et dans les Alpines. Annales de la soc. bot. Lyon. Jahrg. VIII. 1879/80, Nr. 1 u. Notes et Mémoires 1881. S. 107—117.

[4]) Rikli, M., Botanische Reisestudien auf einer Frühlingsfahrt durch Korsika. Zürich 1903. S. 45/46, 97.

[5]) Beck, Günther, a. a. O. S. 85.

[6]) Halácsy, E. v., Botanische Ergebnisse einer Forschungsreise in Griechenland. Denkschriften kaiserl. Akademie d. Wissenschaften Wien. LXI. S. 217—268.

[7]) Dingler, H., Das Rhodopegebirge in d. europ. Türkei u. seine Vegetation. Zeitschrift des deutsch-österreichischen Alpenvereins 1878.

[8]) Beck, Günther, a. a. O. S. 87 u. 93.

[9]) Stapf, O., Beiträge zur Flora von Lycien, Carien u. Mesopotamien. Bd. I/II. 1885/86. Denkschriften kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien. — Siehe, W., Die Nadelhölzer d. cilicischen Taurus. Gartenflora, 46. 1897. S. 155—158.

[10]) Aggeenko, W., Über d. Pflanzenformationen der Halbinsel Taurien. Arbeiten d. St. Petersburger Naturforscher-Gesellsch. Bd. XVIII. S. 29—49 (russisch). Ref. in Just, Bot. Jahresber. 1887, II. S. 472.

[11]) Kessler, W., Forstliche Aphorismen aus dem Kaukasus. Centralblatt für das gesamte Forstwesen. 1883. S. 363 ff.

[12]) Radde, G., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. 1899. S. 94.

grauen öden Höhen. Ja selbst am Grossen Ararat[1]) und in Nordpersien im Albursgebirge[2]), an der Südküste des kaspischen Meeres ist *J. oxycedrus* noch vorhanden. Hier an der Ostgrenze seines Verbreitungsareals bildet er einen Bestandteil des Unterholzes der aus *Quercus macranthera*, aus *Q. castaneaefolia* und *Fagus orientalis* bestehenden Wälder.

Schon aus dieser Verbreitung ergibt sich, dass *J. oxycedrus* vielfach weit über das eigentliche mediterrane Florengebiet hinausgreift. Das Vorkommen im Hochland Spaniens, die vielfachen Vorstösse im Gebiet der dinarischen Alpen und im Innern Macedoniens, sowie das weite Vordringen in das kontinentale Festland Vorderasiens zeigen, dass dieses Gehölz eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Kälte besitzt als die meisten Mittelmeergewächse, jedenfalls mehr als alle übrigen Nadelhölzer der Mediterranzone. Dies wird nun auch durch die Höhenverbreitung bestätigt.

Obwohl einer der verbreitetsten Bestandteile der Macchien, geht *J. oxycedrus* doch anderseits weit in die montane, ja selbst bis in die subalpine und alpine Region hinauf. Es sei auf die folgenden Zahlen verwiesen: Liburnischer Karst[3]) 500—700 m noch üppige Bestände; ob Podprag im Velebit[3]) 775 m; Mte. Vipera auf Sabbioncello[3]) 800—900 m; Dinara[3]) 1020 m; Krstac bei Njegus[3]) (Montenegro) 1100 m; am Peristeri bei Monastir[3]) 1494 m; Albanien (nach Baldacci) 1600 m; Arkadien (nach Halácsy)[4]) 1900 m; Rhodope-Gebirge (nach Dingler)[5]) 1070 m; Grosser Ararat[6]) bis ca. 3000 m (?); Alburs (Dschängall)[2]) bis ca. 2000 m; Tuniet-el-Haad (Algerien)[7]) 1450—1700 m; Sierra Nevada (S. de Mijas)[8]) bis ca. 2000 m.

In den höheren Lagen erleidet *J. oxycedrus* häufig Schneefälle, an vielen Örtlichkeiten wird er sogar alljährlich eine mehrmonatliche Schneedecke zu ertragen haben. In diesen Hochlagen schliesst sich *J. oxycedrus* voralpinen Pflanzenformationen an, so ist er z. B. in Montenegro und der Herzegowina[3]) mit *Sesleria nitida, Viburnum discolor, Senecio Visianus, Saxifraga rotundifolia, Gymnadenia conopea, Cerastium grandiflorum* vergesellschaftet; ein sprechender Beweis für dessen grosse Akklimatisationsfähigkeit an ein rauhes, feuchtes Klima. Nur noch wenige mediterrane Arten, wie etwa *Salvia officinalis*, *Euphorbia spinosa* und *Campanula pyramidalis* vermögen dem Cedern-Wacholder zu folgen; oft entsprossen diese südlichen Gewächse derselben Felsenspalte wie die voralpinen Typen.

In der Kultur ist *J. oxycedrus* immerhin noch „für die mildesten Lagen Deutschlands“ geeignet (Beissner). Auch gegen die Gewalt des Windes ist der Baum recht unempfindlich. Wo die Bora nichts mehr aufkommen lässt, da widersteht noch *J. oxycedrus*; sein Astwerk ist dann allerdings dem Boden glatt angedrückt.[3]) Ähnliche Kümmerformen entstehen jedoch auch durch Verbiss[3]), in Form unansehnlicher, gewölbter Polster aus knorrig, kurz verzweigtem Astwerk, das sich gelegentlich kaum spannhoch über den Boden erhebt.

Rasch trocknender und sich erwärmender Boden sagt *J. oxycedrus* besonders zu. Mit Vorliebe besiedelt er steinigen Kalkboden oder den nackten Kalkfels,

---

[1]) Radde, G., a. a. O. S. 380.

[2]) Buhse, F., Die Flora des Alburs u. d. kaspischen Südküste. Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga. Neue Folge 1899. Heft 8, XIV. 61 S.

[3]) Beck, G., a. a. O.

[4]) a. a. O.

[5]) Dingler, H., Das Rhodopegebirge etc.

[6]) Radde, G., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. 1899. S. 94.

[7]) Durando, Note sur une excursion à la forêt de Cèdres de Tuniet-el-Haad. Assoc. franç. pour l'avancement des sc. Congrès d'Alger 1881. S. 617—621.

[8]) Willkomm, M. et Lange, J. a. a. O.

aber selbst in reinem Sandboden oder auf dem sterilen Serpentin (Serbien) vermag er noch fortzukommen. So gehört *J. oxycedrus* zu den widerstandsfähigsten Elementen der Mediterranflora.

Die ausserordentliche Genügsamkeit, sowie die Widerstandsfähigkeit gegen Wärme und Trockenheit einerseits, Kälte und Feuchtigkeit anderseits ermöglichen dem Cedern-Wacholder, sich einer ganzen Reihe z. T. recht differenter Formationen anzugliedern. Es kommen hauptsächlich folgende in Betracht.

1. In Macchien. Es sind dies die für das Mittelmeergebiet so charakteristischen immergrünen Hartlaubgehölze, oft fast undurchdringliche Xerophytengebüschvegetationen, in denen immergrüne Sträucher und Halbsträucher, meistens Sklerophyllen, Ericoïde und Rutengewächse, die Hauptrolle spielen. Durch seine Stachelblätter trägt er wesentlich dazu bei, diese Buschwälder fast undurchdringlich zu machen. Die häufigsten Begleiter von *J. oxycedrus* in den Macchien sind: *Arbutus unedo, Cistus monspeliensis, salvifolius, villosus, Daphne gnidium, Erica arborea* und *mediterranea, Juniperus phoenicea, Laurus nobilis; Myrtus communis, Phillyraea variabilis, Pistacia lentiscus* und *terebinthus, Quercus coccifera* und *ilex, Rhamnus alaternus, Rosmarinus officinalis, Spartium junceum* und *Viburnum tinus;* dazu kommen noch die Schlingpflanzen: *Asparagus acutifolius, Rosa sempervirens* und *Rubus amoenus.* Am Mte. Vipera ist *J. oxycedrus* mannshohen Gehölzen von *Nerium Oleander* beigemengt.[1])

2. *Oxycedrus*-Bestand, ist eigentlich nur eine Facies der Macchien. Solche ausgedehnte, oft nahezu reine Bestände von *J. oxycedrus* erwähnt Günther Beck (a. a. O. S. 131) von Dalmatien. Radde (a. a O. S. 167) schildert die tot und düster aussehenden, aus *J. oxycedrus* und *J. excelsa* bestehenden Wacholderreviere am Gebirgsfuss des westlichen Kaukasus bei Nowo Rossiisk. Das Geäst der beiden hier baumartig entwickelten Wacholder wird in wuchernder Fülle von Flechten überzogen. Namentlich ist es die graue, dicht ineinander verwebte *Anaptychia intricata*, welche ausser einem dicht anliegenden *Physcia*-Schorf ganze Zweigteile einhüllt und auch den Hauptstamm mit ihrem harten, reichlich zollhohen Polster nicht verschont. Auf Sardinien bedecken oft nahezu reine *Oxycedrus*-Bestände die Dünen der Strandzone (Herzog).

3. Felsenheide. *J. oxycedrus* spielt auf den Felsen eine untergeordnete Rolle. Bei Günther Beck a. a. O. findet sich auf S. 152 ein Vegetationsbild der dalmatischen Felsenheide bei Ragusa; hier ist der Cedern-Wacholder mit *Phlomis fruticosa, Inula candida* und *Brachypodium ramosum* vergesellschaftet. Auch in der Bergregion des zentralen Spanien[2]) ist er mit *J. phoenicea* öfter den Tomillares vom Typus der Rosmarinheiden beigemengt. Auf den Hügeln um Bari (Apulien) findet er sich mit *Acanthus spinosissimus.*[3])

4. Als Unterholz von Waldungen. *J. oxycedrus* siedelt sich in den verschiedenartigsten Waldungen an. Als Niederholz ist er in folgenden Föhren- und Eichenwäldern anzutreffen:

A. Föhrenwälder. a) Waldungen von *Pinus silvestris.* Hin und wieder im nördlichen Grenzgebiet des Verbreitungsareals von *J. oxycedrus*, so z. B. in der Sierra de Javalambre in Aragonien.[2])

b) Strandföhrenwälder (*Pinus halepensis*). Mit *J. oxycedrus* stellen sich in diesen Waldungen viele Vertreter der Macchien ein, so *Arbutus unedo, Erica arborea* und *verticillata, Genista dalmatica* und *sericea, Juniperus phoenicea, Pistacia lentiscus, Phillyraea* etc.[1]) Für Algerien unterscheidet Trabut nach der Höhenlage innerhalb der Region der Aleppokiefer zwei Unterregionen *a*) Unter-

---

[1]) Beck, G., a. a. O.

[2]) Willkomm, M., a. a. O.

[3]) Palanza, A., Flora della Terra di Bari. Trani 1900. 4°.

region der *Callitris quadrivalvis*, β) Unterregion des *J. oxycedrus* und *phoenicea*.[1])

c) Schwarzföhrenwälder (*Pinus nigra*). Besonders verbreitet auf den dalmatischen Inseln und in der dalmatischen Küstenzone von der Meeresküste bis ca. 1000 m, so z. B. auf Brazza oder auf dem Mte. Vipera der Halbinsel Sabbioncello. Wo die Schwarzföhren sich zu dichtem Hochwald vereinigen, in dem die Stämme bis 25 m Höhe erreichen, tritt der Cedern-Wacholder allmählich zurück. Nur noch kümmerliche Exemplare und Steineichenbüsche fristen dann unter dem Dunkel der Föhrenkronen ihr Dasein, — man glaubt sich beinahe in unsere Voralpen versetzt. Siehe Abbildung Fig. 1 (S. 140) bei Günther Beck, Illyrische Länder.

d) Molikaföhrenbestand (*Pinus Peuce*). Von 780 bis ca. 1850 m. Am Peristeri in Monastir wird *P. Peuce* bis zu ca. 1500 m zuerst von *J. oxycedrus* dann von *J. communis* und in den höchsten Lagen von *J. nana* begleitet.

B. Eichenwälder. Diese Waldungen zeigen ebenfalls verschiedene Facies, in denen *J. oxycedrus* als Unterholz fast immer anzutreffen ist. Wir unterscheiden:

a) Steineichenwald, öfters bis weit in die Bergregion vordringend. Vorherrschend *Quercus ilex*, als Begleiter ferner *Q. cerris*, *lanuginosa* und *sessiliflora*. So z. B. in den Bergen von Traz os montes (Portugal); Wald von Bonifato, südlich von Calvi auf Korsika[2]); im Süden von Oran[3]); in Albanien bis 1600 m.

b) Die sog. Karstwälder; vorherrschend sind meist buschartig entwickelte sommergrüne Eichen (*Quercus cerris*, *lanuginosa* und *sessiliflora*) Mannaeschen (*Fraxinus ornus*), ferner *Ostrya carpinifolia*, *Carpinus duinensis*, *Acer monspessulanum*, *Prunus mahaleb*. In dieser Formation erreicht *J. oxycedrus* in Illyrien die grösste Meereshöhe. Im Rhodopegebirge wird von 1050 m an in diesen Waldungen *J. oxycedrus* durch *J. communis* vertreten.[4])

c) Korkeichenwaldungen (*Quercus suber*) z. B. bei Morosoglia auf Korsika.

d) Bestandestypus der macedonischen Eiche (*Quercus macedonica*) auf dem Balkan, südlich vom Narentatal mit *Rhamnus intermedia*, *Paliurus*, *Punica* und *Phillyrea*.[5])

5. Bestandteil der Gestrüppformationen an der oberen Waldgrenze. Degen beobachtete auf Samothrake in einer Höhe von über 1000 m Gestrüppe, in denen neben *Quercus coccifera*, *Berberis cretica* und *Prunus prostrata* auch noch *J. oxycedrus* reichlich vorhanden war.[6])

J. oxycedrus zeigt wie *J. communis* sehr mannigfaltige Wuchsverhältnisse. Meist tritt er als aufrechter, sparrig-buschiger Strauch mit zahlreichen steifen, kantigen Zweigen und Ästen und pyramidenförmiger Krone auf, oder die Büsche sind mehr oder weniger ausgebreitet und abgerundet. Seltener wächst er zu einem Baum von 4—5 m Höhe heran[7]), dessen Krone dann bald starr geschlossen pyramidenförmig, bald flatterig entwickelt ist. Auch Exemplare mit nur wenigen biegsamen, öfter stark herabhängenden Zweigen werden gelegentlich beobachtet. Das harte aromatische Holz hat ein spez. Gewicht von 0,65—0,67

[1]) Trabut, L. a. a. O.

[2]) Rikli, M., a. a. O.

[3]) Battandier et Trabut, a. a. O.

[4]) Dingler, H., a. a. O.

[5]) Beck, G., a. a. O.

[6]) Degen, Ergebnisse einer botanischen Reise nach Samothrake. Österr. bot. Zeitschr. 41. S. 301—306 u. 329—338.

[7]) Guttenberg v., Beitrag zur Kenntnis der in Südösterreich heimischen Holzarten. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1876. S. 418—421.

und besitzt einen roten Kern, es wächst sehr langsam und ist von grosser Dauerhaftigkeit. Dickere Stämmchen werden daher öfters als Rebstöcke verwendet, sonst dient er wohl nur als Brennholz. Aus dem Holz wird ferner durch trockene Destillation, hauptsächlich in den südfranzösischen Departements Gard, Lozère und Var, immer noch unter dem Namen Huile de Cade oder Oleum cadinum ein seit dem Altertum bekannter Teer gewonnen, welcher neuerdings wieder gegen Hautkrankheiten zu erneutem Ansehen gekommen ist. Dieses Öl besitzt einen sehr eigenartigen Geruch von ähnlichem Charakter wie dasjenige, welches aus *J. communis* und *J. phoenicea* gewonnen wird.[1]

Die Nadeln stehen wie beim gemeinen Wacholder in dreigliederigen alternierenden Wirteln. Indem die Internodien zwischen den Wirteln bald gestaucht, bald mehr oder weniger gestreckt sind, wird der Habitus stark beeinflusst. Frisch sind die Blätter von hell graugrüner Färbung, 12—30 mm lang und 1—1½ mm breit, starr lineal, scharf zugespitzt und meist stechend; auf den Azoren kommt eine kurznadelige Abart var. *brevifolia* Hochst. mit kaum 10 mm langen Blättern[2] vor. Ihre Unterseite ist scharf gekielt mit vorspringender Mittelkante, die bald

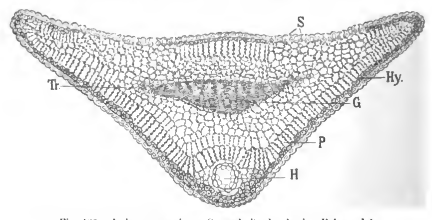


Fig. 162. *Juniperus oxycedrus.* Querschnitt durch eine Folgenadel.
G Gefässbundel, H Harzgang, Hy Hypoderma, P Palissadenschicht, S Spaltöffnungen, Tr Transfusionsgewebe. 80 : 1. (Orig. Rikli.)

flache, bald etwas rinnig vertiefte obere Blattfläche lässt auf beiden Seiten des grünlichen Mittelstreifens je eine bläulich-weisse Furche und zwei grüne Randwülste unterscheiden. Wie bei *J. communis* fehlt ein Nadelkissen, dagegen ist wie beim gemeinen Wacholder die Nadel an ihrer Basis etwas angeschwollen und durch ein Gelenk mit dem Stengel verbunden. An einjährigen Ästchen sind die Nadeln steif, fast rechtwinkelig abstehend, ältere Nadeln sogar häufig zurückgeschlagen. Grösse und Gestalt der Blätter, sowie die Deutlichkeit der beiden Wachsstreifen auf der Oberseite variieren je nach der Lichtintensität der Standorte.[3]

Anatomisch ist die Folgenadel noch in höherem Mass xerophytisch ausgebildet als dies bei *J. communis* der Fall war (Fig. 162). Gegenüber jener unterscheidet sie sich hauptsächlich durch das Auftreten eines typischen Palissaden-

[1] Amory, A., Oil of Cade. Pharm. Journ. XV. 1885. S. 601.

[2] Hochstetter in Seubert: Flora Azorica. 1844. S. 26.

[3] Briuda, B., Il Juniperus macrocarpa di val di Susa. Malpighia, vol. 17. 1903. S. 28—38.

gewebes. Dasselbe erstreckt sich über die ganze Blattunterseite, um an den beiden Rändern etwas auf die Blattoberseite überzugreifen. Auf der Oberseite ist aber auch noch über dem Mittelnerv ein kleiner Streifen Palissadengewebe vorhanden. Das meist zweischichtige Hypoderma[1]) tritt überall nur unter den Palissadenzellen auf, wo diese fehlen, da ist auch kein Hypoderm vorhanden. An den beiden seitlichen Rändern, sowie unter dem kleinen rundlichen Harzgang ist das Hypoderma zwei- bis fünfschichtig. Zwischen dem Harzkanal und dem einzigen zentralen Gefässbündel liegen 4—5 chlorophyllhaltige Zellschichten; die Zellen der zwei unteren Schichten sind in der Richtung des Gefässbündels verlängert, diejenigen der oberen 2—3 Schichten dagegen rundlich bis polyedrisch. Währenddem bei *J. communis* die Spaltöffnungen auf den Mittelstreifen der Blattoberseite beschränkt sind, verläuft bei *J. oxycedrus* je rechts und links vom grünen Mittelstreifen eine durch Wachsüberzug gekennzeichnete Längsfurche. In diesen beiden Furchen sitzen die zahlreichen, stark eingesenkten Schliesszellen.

Über Keimungsgeschichte, Bau der Kotyledonen und der Primärblätter liegen bisher, so viel uns bekannt, keine Beobachtungen vor. Über die Reproduktionsfähigkeit bemerkt v. Gutteuberg[2]), dass Stockausschläge nicht gebildet werden und deshalb die Fortpflanzung in der Regel durch Samen erfolgt; doch treiben, wenn ein Stock ausgegraben wird, die Wurzeln manchmal neue Triebe. Ableger und Stecklinge gelingen nicht so leicht wie bei *J. communis*.

Juniperus oxycedrus L. ist Winterblüher. Die Anthese beginnt im November und dauert bis in den April des folgenden Jahres. Der Bau der männlichen und weiblichen Blüten, welche zweihäusig angeordnet sind, sowie der Vorgang der Bestäubung stimmen im wesentlichen mit den Verhältnissen bei *J. communis* überein (73). Auch der Fall, dass statt der normalen 3 Fruchtschuppen sich deren 6 an der Bildung des Zapfens beteiligen, ist bei *J. oxycedrus* beobachtet worden.[3]) Hauptsächlich auf Grund des Baus der Früchte werden zwei Unterarten unterschieden.

a) Subspec. *rufescens* Link pr. sp. mit fast sitzenden, gehäuften, runzeligen, braunroten und fettglänzenden Beerenzapfen. Beerendurchmesser nur 6—8 mm, immer kürzer als die stützenden Nadeln. Bei dieser Unterart sind nach B. Brinda[4]) die Blätter 16—17 mm lang, 1—1,5 mm breit, scharfspitzig, mit einem scharfen Kiel versehen und oberseits konkav, und die männlichen Blüten haben eine nahezu kugelige Gestalt. Eine var. *viridis* Pospichal hat mittelgrosse Beerenzapfen, welche am Grund der Zweige dicht gehäuft und so lang als die stützenden Nadeln sind. Beeren auch reif grünlich, beim Trocknen sich bräunend und am Scheitel mit einem kleinen bereiften Dreieck. Diese Abart findet sich nach Pospichal auf den nördlichen Talgehängen des Lemefjords, nördlich von Rovigno (Istrien). Der rotfrüchtige Typus fehlt daselbst ganz. Eine weitere Varietät ist: var. *umbilicata* Gr. et Godr. = var. *coccinea* Pospichal. Beeren kugelig, am Grunde eingedrückt, grösser, länger als die stützende Nadel, scharlachrot und glatt.

b) Subspec. *macrocarpa* Sibth. et Sm. Beeren einzeln, zerstreut, von der Grösse einer Kirsche (ca. 15 mm im Durchmesser), immer länger als die Stütz-

[1]) Es kommen jedoch auch Nadeln vor mit fast durchgehend einschichtigem Hypoderm und zwar finden sich diese oft an demselben Stock mit Nadeln, deren Hypoderma fast durchgehend zweischichtig ist.

[2]) a. a. O.

[3]) Koch, K. Dendrologie. Bd. II. Abt. 2. Erlangen 1873. S. 112. — Nicotra, L., Eterocarpia ed eterospermia. Bollet. Soc. Botan. Italiana. 1898. S. 213.

[4]) a. a. O.

nadel. Zuerst blau bereift, später rotbraun bis bräunlich schwarzblau, glanzlos; öfter am Grunde verschmälert ellipsoïdisch (var. *ellipsoidea* Neilr.). Hier haben die Blätter eine Länge von 12—14 mm und eine Breite von 1,5—2 mm, eine kurze stumpfe Spitze und einen stumpfen Kiel; die männlichen Blüten sind von einer mehr eiförmigen Gestalt.[1]) Diese Abart scheint weniger winterhart zu sein als die vorige. Im österreichischen Litoralgebiet ist sie infolge einiger strengen Winter stark zurückgegangen und die spärlichen Überreste zeigen ein kränkelndes Aussehen.

Bei beiden Unterarten enthalten die Beeren meistens drei Samen, doch kommen zuweilen sechs samentragende Schuppen in den Beerenzapfen vor.

14. Juniperus phoenicea L. Rotfrüchtiger Wacholder.
(Bearbeitet von Schröter.)

Der rotfrüchtige Wacholder ist ein mesothermer immergrüner zypressenähnlicher Strauch oder Baum, der eine Höhe von 8 m und einen Umfang bis zu 2 m erreicht. Er bewohnt vorzugsweise die immergrüne Region des Mittelmeergebietes und streift unser Gebiet nur auf der Quarnero-Insel Lussin; er findet sich auf sonnigen Felsen, trocknen Hügeln und sandigen Dünen bis 1200 m. ü. M. (Flahault), und scheint nach seinen Standorten und Anpassungserscheinungen als oligotroph und als ausgesprochener Xerophyt bezeichnet werden zu müssen. Der Baum verlangt ein warmes Klima und zeigt sich z. B. in Illyrien sehr empfindlich gegen Kälte; kräftige Exemplare halten indessen merkwürdiger Weise die strengsten Winter in Deutschland (z. B. im Tübinger botanischen Garten) aus.[2])

Gegen die geologische Unterlage scheint er unempfindlich zu sein. Flahault[3]) gibt ihn aus dem Departement de l'Hérault sowohl auf kieselreichem Gestein, wie auf Dolomit an; auf den Canaren[4]) wächst er auf festem Basaltboden und auf Gerölle.

Sein Gesamtareal umfasst die Canaren, Madeira und das Mittelmeergebiet bis zur Cyrenaica und nach Cypern — er fehlt im cilicischen Taurus[5]) —, Westarabien bis Djedda und Taifa. In der immergrünen Region dieses Gebietes ist er eigentlich heimisch, steigt aber ausnahmsweise über dessen Grenze hinaus; in der Dauphiné bei Gap, St. Clément d'Embrun und Grenoble,[6]) ferner nördlich bis ins Dep. de l'Aveyron[7]); an der Riviera bis 1350 m; in Griechenland bis 1000 m[8]); auch in

[1]) Brinda, B., a. a. O.

[2]) Das Tübinger Exemplar, 2 m hoch, stand, durch höhere Coniferen geschützt, an einem trocknen Standort und hielt ohne Decke die sehr kalten Winter Tübingens aus (Minimum — 29,5° C), indem es höchstens eine Bräunung zeigte. Leider ging es infolge Beschädigung bei einer baulichen Massnahme zu Grunde (nach frdl. Mitteilung von Universitätsgärtner Schelle). Auch im Wiener botanischen Garten stand ein Exemplar (mit lauter nadelförmigen Blättern); es ist aber ebenfalls wegen ungünstiger Bodenverhältnisse eingegangen. Ein anderes normales Exemplar gedeiht dort im Freien allerdings auch nur kümmerlich (nach frdl. Mitt. v. Baron Handel-Mazetti).

[3]) Flahault, La distribution géographique des végétaux dans un coin du Languedoc (Dép. de l'Hérault). Montpellier 1893.

[4]) Christ, H., Vegetation und Flora der canarischen Inseln. Engler's botan. Jahrbücher, Bd. 6. 1885.

[5]) Siehe, Die Nadelhölzer des cilicischen Taurus. Gartenflora, Bd. 46. 1897.

[6]) Ascherson u. Graebner, Synopsis I, S. 251.

[7]) Ivolas, Note sur la flore de l'Aveyron. Bull. Soc. bot. de France. 1885, S. 286.

[8]) Anderlind, A., Mitteilungen über die Waldverhältnisse Griechenlands. Allg. Forst- und Jagdzeitung. 1884, S. 175.

Algier bildet er mit *J. oxycedrus* zusammen eine Unterregion der Region der Aleppokiefer, die bis 1000 m ansteigt[1]). Sein altes Vorkommen in Ägypten wird durch die Anwesenheit der Beerenzapfen als Totenspeise und Opfergabe in alten Gräberfunden dargetan[2]). Auf zahlreichen Inseln findet er sich: Sardinien[3]), Elba[4]), Giglio[5]), Tremiti-Inseln nördl. von Mte. Gargano[6]), Veglia, Cherso, Lussin, Plago, Lampedusa, Linosa[7]), Aegina, Syra, Paros, Melos, Naxos, Denusa, Amorgos, Korfu, Kreta[8]) Cypern.

Einen eigenen Bestandestypus, dicht und schwer durchdringbar, bildet *J. phoenicea* auf den Inseln „des Rièges", einer Art Nehrung, welche dem Rhonedelta vorgelagert ist; dort ist er vergesellschaftet mit *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia* und *media*, *Tamarix gallica*, *Teucrium polium*, *Helichrysum stoechas*, *Ruscus aculeatus*, *Asphodelus cerasifer*, etc.[9]). Als Charakterpflanze besiedelt unser Wacholder die Felswände des Bois de Baume, des Saint-Loup und des Hortus nördlich von Montpellier; Hardy[10]) bezeichnet den dortigen Bestandestypus geradezu als „Association du *Juniperus phoenicea*" und zitiert als begleitende Holzpflanzen *Pistacia terebinthus*, *Amelanchier vulgaris*, *Hedera helix*, *Buxus sempervirens* (diese 4 neben der Hauptart dominierend), ferner *Rhamnus alaternus*, *Coronilla emerus*, *Phillyrea media*, *Quercus ilex*, *Rhamnus infectoria*, *Ficus carica*; weitere Begleiter *Smilax aspera*, *Asparagus acutifolius* etc. Die knieholzartig wachsende var. *turbinata* Parl. bedeckt ausgedehnte Flächen auf Sandboden an der Mündung des Rio de Huelva im Golf von Cadix[11]). Die mediterrane Gebüschformation in der Bergregion der iberischen Halbinsel ist vorzugsweise zusammengesetzt aus *J. phoenicea*, *Quercus coccifera*, *Qu. lusitanica*, *Arbutus*, *Erica arborea*, *Pistacia lentiscus*, *Genista florida*, *Sarothamnus baeticus* und *Ulex parviflorus*; letzterer und *J. phoenicea* bedecken in der oberen Bergregion oft weite Strecken für sich allein oder mit einander gemengt[12]). Auch im südlichen Dalmatien wird *J. phoenicea* häufig in reinen Beständen als Macchie angetroffen, während er in Istrien fehlt.[13]) Als Nebenbestandteil der Macchie (s. oben S. 312) ist er ebenfalls häufig. Kleine reine Bestände bildet er auch am nördlichsten Punkt Toscanas[14]), und endlich tritt er noch an der Ostgrenze seines Vorkommens, in Cypern, bestandbildend auf[15]), besonders

---

[1]) Trabut, L., Les zones botaniques de l'Algérie. 1888.

[2]) Schweinfurth, G., Die letzten botanischen Entdeckungen in den Gräbern Ägyptens. Engler's botan. Jahrbücher. Bd. 8. 1886, S. 1.

[3]) Cavara, La vegetazione della Sardegna meridionale. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 8. 1901, S. 363.

[4]) Bolzon, P., Erborizzazioni all' isola dell' Elba. Boll. Soc. Bot. Ital. 1893. No. 1—6.

[5]) Sommier, L'isola di Giglio e la sua flora. Torino 1900.

[6]) Terraciano, L., La flora delle isole Tremiti. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 22. 1890. S. 383.

[7]) Ross, H., Eine botanische Excursion nach den Inseln Lampedusa und Linosa. Berichte d. deutschen bot. Gesellsch. Bd. 2. 1884, S. 344.

[8]) Halácsy, Conspectus Florae Graecae. Vol. 3, S. 458. Leipzig 1904.

[9]) Flahault et Combres, Sur la flore de la camargue et des alluvions du Rhône Bull. de la Soc. bot. de France. T 41. 1894, S. 53.

[10]) Hardy, M., La Géographie et la Végétation du Languedoc entre l'Herault et le Vidourle. Montpellier 1903. S. 52.

[11]) Willkomm, M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. Leipzig 1896, S. 266.

[12]) Willkomm, a. a. O. S. 209.

[13]) Beck, G., Illyr. Länder. S. 126. u. 131.

[14]) Tafani, E., Florula di Giannutri. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 22. 1890. S. 153.

[15]) v. Thümen, F., Waldbäume und Waldwirtschaft auf der Insel Cypern. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. Bd. 10. 1884, S. 234.

auf der Hochebene von Larnaka[1]). Als Unterholz treffen wir den rotfrüchtigen Wacholder im Pinetum von *Pinus Pinea* auf der Camargue, in den Strandföhrenwäldern (*P. halepensis*) von Ragusa, in den Pinien-Strandwäldern der Provinz Huelva am Golf von Cadix, im mediterranen Schwarzföhrenbestand (*P. nigra*) auf der Halbinsel Sabbioncello in Dalmatien, und endlich als Bestandteil des dortigen litoralen Eichenwaldes mit *Quercus lanuginosa, Qu. sessiliflora, Juniperus oxycedrus, Carpinus duinensis, Paliurus* etc.

Über die Keimfähigkeit der Samen und den Vorgang der Keimung ist nichts bekannt.

Die Primärnadeln sind nadelförmig, den Folgenadeln von *J. communis* äusserlich sehr ähnlich[2]); sie haben einen plankonvexen Querschnitt, sind 5—8 mm lang und zu dreien quirlständig. Ein Gelenk am Blattgrunde ist nicht vorhanden, die Nadel läuft am Spross herab und bildet ein deutliches Blattkissen (Fig. 163). Die Spaltöffnungen sind nicht auf die Oberseite beschränkt, sondern finden sich auch an der Unterseite auf zwei Streifen links und rechts vom Harzgang; dort ist das Hypoderm unterbrochen (Fig. 164). Die Zellen des Transfusionsgewebes sollen nach Vallot a. a. O.

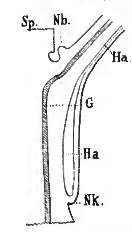


Fig. 163. *Juniperus phoenicea.* Längsschnitt durch die Basis einer Primärnadel.

Die Nadel läuft am Spross herab und bildet ein Nadelkissen (von Nb bis Nk); der Harzgang Ha ist innerhalb des Nadelkissens besonders weit. An der Nadelbasis befindet sich oberwärts eine kleine kissenförmige Anschwellung Nb, die an die analoge Verdickung bei J. communis erinnert; eine Abgliederung der Nadel vom Spross Sp, ein »Gelenk«, ist nicht vorhanden. G Gefässbündel. 10 : 1. (Nach Vallot.)

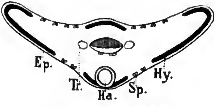


Fig. 164. *Juniperus phoenicea.* Querschnitt durch ein nadelförmiges Primärblatt.

Ep = Epidermis, Hy = Hypoderm, Sp = Spaltöffnungen, Ha = Harzgang, Tr = Transfusionsgewebe. Die Spaltöffnungen finden sich auch auf der Unterseite des Blattes in zwei Längsreihen; die Zellen des Transfusionsgewebes sollen nach Vallot hier blos einfache Hoftüpfel führen, ohne die eigentümlichen Leisten, wie sie bei J. communis vorkommen. 10 : 1. (Nach Vallot.)

der Querbalken entbehren; Verf. fand sie an den nadelförmigen Jugendblättern eines Exemplars von Elba deutlich ausgebildet.

Die Folgenadel (Fig. 165) ist schuppenförmig und grösstenteils mit dem Spross verwachsen; sie führt auf dem Rücken eine ununterbrochene Hypodermlage, darunter eine weite Harzdrüse, welche anfangs vorragt, später eingesenkt erscheint. Die Spaltöffnungen sind auf die Flanken, beziehungsweise beim freien Teil auf die Oberseite beschränkt (Fig. 165 A—C). Im Assimilationsgewebe finden sich

[1]) Sintenis, Cypern und seine Flora. Österr. bot. Zeitschr. Bd. 31. 1881.

[2]) Vergl. Vallot, Le *Juniperus phoenicea* à forme spiculaire. Journ. de Botanique Vol. 2. 1888. S. 329—337.

links und rechts von der Harzdrüse isolierte oder in Gruppen auftretende, mehr oder weniger verdickte Sklerenchymzellen (Fig. 166 B); das ist ein scharfer Unterschied von *J. sabina*, dem diese Steinzellen fehlen.[1]) In dem ausserordentlich reich vertretenen Transfusionsgewebe sind die Querbalken (Fig. 166 A) besonders

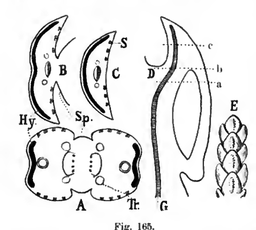


Fig. 165.

Fig. 165. *Juniperus phoenicea.*

A Querschnitt durch den Spross und 2 mit ihm verschmolzene Schuppenblätter im mittleren verwachsenen Teil der Schuppenblätter (Linie a in Fig. D); 15 : 1. B Querschnitt durch ein Schuppenblatt weiter oben (Linie b in Fig. D), wo der Harzgang verschwunden ist und das Blatt wenigsten an den Rändern sich vom Spross losgelöst hat; 15 : 1. C Querschnitt durch die freie Spitze des Schuppenblattes (Linie c in Fig. D); 15 : 1. D Längsschnitt durch das Schuppenblatt; der mit dem Spross verwachsene Teil ist weit grösser und enthält einen breiten Harzgang, welcher oben und unten blind endigt. Die Basis der Schuppe ist in einen kleinen freien Sporn vorgezogen; 15 : 1. E Ansicht eines mit schuppenförmigen Folgeblättern besetzten Sprosses; 4 : 1. S = Spaltöffnungen, Hy = Hypoderm, Tr = Transfusionsgewebe, G = Gefässbündel, (A—D nach Vallot, E Orig. Sch.)

stark entwickelt.[2]) Auch an älteren Pflanzen können nadelförmige Blätter auftreten; nach Vallot sind dabei aber zwei Fälle scharf auseinander zu halten: 1. Die Nadelblätter sind Primärblätter und entsprechen der Jugendform, ihr Auftreten ist also gleichsam einer Hemmung zuzuschreiben. In den von Vallot

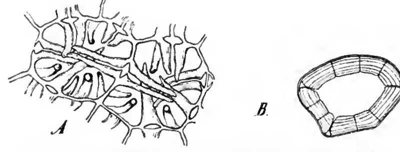


Fig. 166. *Juniperus phoenicea.* Aus dem Querschnitt eines Schuppenblattes.

A zwei Zellen aus dem Transfusionsgewebe mit sehr stark entwickelten Querbalken. B eine der isolierten „Brachysklereïden“ aus dem Assimilationsgewebe. 800 : 1. (Orig. Sch.)

beobachteten Fällen trugen vereinzelte, bis 15 Jahre alte Exemplare in den Cevennen an allen Trieben mit Ausnahme der diesjährigen typische Nadelblätter vom anatomischen Bau der Primärblätter (Fig. 164); sie sahen ganz genau so aus,

[1]) Collin, E., Summitates Sabinae. Journ. de Pharmacie et de Chimie. 1901. S. 323. Die Angabe Collins, dass die Schuppenblätter alternierend sind oder in 3gliedrischen Wirteln stehen, kann ich nicht bestätigen; ich fand stets dekussate Stellung. (Verf.)

[2]) Lazarski, Beiträge zur vergleichenden Anatomie einiger Cupressaceen. Zeitschrift d. allgem. österr. Apotheker-Vereins. 1880.

wie die Nadeln von *J. communis*. Die diesjährigen Triebe aber zeigten ganz unvermittelt, ohne irgendwelchen Übergang, die typischen schuppenförmigen Blätter. Ein nach Paris verpflanztes Exemplar, das schon Schuppenzweige getragen hatte, liess diese fallen und erzeugte noch 4 Jahre lang Nadeln, dann erst, nachdem es die Folgen der Verpflanzung überwunden hatte, zur Schuppenform zurückkehrend [1]). 2. Im zweiten Fall nadeltragender Exemplare tritt ein ganz anderer Habitus auf: Ein schon 3 m hohes Exemplar in der „Ecole de botanique" des Muséum d'histoire naturelle in Paris zeigt in der Mehrzahl normal beschuppte Zweige, an einzelnen Zweigen aber gehen die Schuppenblätter vom Grunde des Triebes bis zur Spitze allmählich in Nadelblätter über; die obersten sind bis 1 cm lang. Der anatomische Bau dieser Nadeln ist aber ein ganz anderer, als der der Primärnadeln und entspricht vollkommen dem Bau der freien Spitze der Schuppenblätter; Vallot zieht daraus wohl mit Recht den Schluss, dass diese Nadeln nichts anderes sind, als abnorm verlängerte Spitzen eines Folgeblattes [2]).

Der Wuchs des roten Wacholders ist strauchig oder baumartig, im letzteren Fall oft durch die aufgerichteten Zweige und das dunkle Laubwerk einer Cypresse ähnlich; in der Regel wird der Stamm nicht über 2—3 m hoch und 6 cm dick (**224**), kann aber bis 8 m Höhe und 66 cm Durchmesser erreichen. Die Borke ist braun und löst sich in langen silbergrauen Fetzen ab. Das Holz ist feinringig, zäh und trefflich polierbar, das Kernholz dunkel braunrot, der Splint weiss; es ist harzreich und sehr aromatisch, hat ein spez. Gewicht von 0,77—0,92 [3]), liefert ein gutes Brennholz, treffliche Kohle, und wird auch zu Rebpfählen verwendet [4]).

Die Blüten sind vom Spätherbst bis zum Frühjahr entwickelt, denen von *J. sabina* sehr ähnlich, und meistens zweihäusig, seltener auch einhäusig verteilt. Die männlichen Blüten stehen am Ende längerer, oft bogig gekrümmter Triebe, die weiblichen finden sich am Ende kürzerer Seitentriebe. Die Beerenzapfen stehen aufrecht und reifen im 2. Jahre; sie sind kugelig (bei der var. *turbinata* Guss. eiförmig oder kreiselförmig), glänzend rotbraun, wenig bereift, bestehen meist aus 3 verwachsenen Schuppenpaaren und enthalten 4—9 unregelmässig längliche Samen. Sie haben eine Länge von 6—14 mm (bei den altägyptischen Funden kommen solche von 17 mm Länge vor). Das Fruchtfleisch ist trocken, von holzigen Fasern durchsetzt und Harzlücken führend; es ist ausserordentlich zähe und schwer von den Samen zu trennen [5]). Die ökologischen Verhältnisse von Blüten und Samen stimmen, soweit bekannt, mit denen der verwandten Arten überein.

15. Juniperus sabina L. Stinkwacholder, Sade- oder Sevibaum.

(Bearbeitet von M. Rikli.)

Wie der gemeine Wacholder, so ist auch der Stinkwacholder ein mykotrophes, oligotrophes, sehr stark xerophytisch ausgebildetes Holzgewächs; ja in den beiden letzten Richtungen übertrifft er sogar *Juniperus communis* und selbst

[1]) Diese Tatsache steht in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, dass vegetative Schädigungen das Auftreten der Jugendform begünstigen (56, S. 148).

[2]) Diese wenig bekannt gewordene Beobachtung Vallots zeigt, dass es „Pseudorückschläge" zur Jugendform geben kann, und dass in jedem Einzelfall die Natur des dem Jugendblatt gleichenden Blattes erst genau festzustellen ist.

[3]) v. Guttenberg in Centralblatt f. d. ges. Forstwesen. Bd. 2. 1876, S. 418.

[4]) Mathieu, Flore forestière. 4. éd. par P. Fliche. Nancy 1897, S. 367.

[5]) de Coincy, Remarques sur le *Juniperus thurifera* et les espèces voisines du bassin de la Mediterranée. Bull. Soc. bot. de France. T. 45. 1898, S. 429.

dessen alpin-arktische Unterart. Er ist nicht nur fakultativ, sondern obligat oligotroph. Mineralarmer, flachgründiger, besonders auch steinig-felsiger Boden sagen ihm sehr zu. Nicht selten wird er zu einer eigentlichen Felsenpflanze. Von der Formation der Panzerföhre (*Pinus leucodermis* Ant.) auf der Rečica in der Prenj-Planina Herzegowinas sagt Günther Beck[1]), dass neben *J. sabina* nur noch *J. nana*, *Pinus pumilio*, *Rhamnus fallax* mit der Panzerföhre den steinigen Boden zu besiedeln vermögen; *J. sabina* spielt dabei als Unterholz die wichtigste Rolle. Für das österreichische Litoralgebiet erwähnt Pospichal[2]) ebenfalls als bevorzugte Standorte der *Sabina:* nackte Kuppen, Steilkanten der Randgebirge des Karstes, oft an unzugänglichen Stellen. Für das nördliche Vorkommen in den Schweizer Alpen, auf der Nordseite des Wallensees betonen Wartmann und und Schlatter[3]) speziell das Vorkommen des Sevibaumes auf Felsen, ebenso tritt er im benachbarten Tirol an den hohen Felswänden der Martinswand auf (Dalla Torre[4]). Auch im Kaukasus besiedelt *J. sabina* an der Baumgrenze öfters den kahlen Fels (Radde[5]) und selbst in der Neuen Welt ist er auch oft wieder Felsbewohner, so bei Tadousac an der Einmündung des Sagnenay in den Lorenzstrom[6]). Ob es sich in Amerika wirklich um die gleiche Art handelt, ist immer noch eine umstrittene Frage. Beachtenswert ist jedenfalls für den amerikanischen Stinkwacholder dessen veränderter Wuchs und seine häufige Ansiedelung auf Sandbänken und Dünen, Standorte, von denen *J. sabina* im eurasischen Verbreitungsgebiet nie aufgeführt wird. Soweit der Sevibaum im Waldgürtel auftritt, bevorzugt er Waldblössen, die er oft ganz überwuchert, so z. B. auf dem Velebitgebirge bei Fiume und im Ural.

J. sabina ist ferner eine ausgesprochene Licht- und Sonnenpflanze. Sonnig-heisse Abhänge in Südlage sagen ihr besonders zu. Selbst auf den dürrsten und sonnigsten Abstürzen wuchert sie noch in vollster Üppigkeit; zur Zeit der Mittagshitze verbreiten dann ihre dunklen Gebüsche einen widerlichen, fast betäubenden Harzgeruch.

Christ (19) schildert den grossen pflanzengeographischen Gegensatz zwischen den beiden Hängen des streng von Ost nach West gerichteten Findelentales bei Zermatt. Finsterer Alpenwald, ein Gemisch von Arven und Lärchen, mit einem Unterholz von *Rhododendren* und Gletscherweiden, bedeckt den südlichen, nach Norden exponierten Talabhang: eine schwarzgrüne Wildnis, die kein Sonnenstrahl erhellt. Der nördliche Abhang, der nach Süden schaut, ist waldlos, duftende *Sabina* ersetzt hier die jenseits des Gletscherbaches beginnenden, hochnordischen Weidenbüsche, an den steilen Terrassen kleben Roggenfelder, die weissen Töne der Artemisien, des *Hieracium lanatum* machen sich geltend, zahllos stehen die Federkronen der südalpinen *Anemone Halleri* in reifer Frucht und zirpen die Grillen im Ährenfeld. Und von den felsigen nach Süden exponierten Hügeln im oberen Tale von Leuk sagt derselbe Autor: *Juniperus sabina* bedeckt als halbmeterhoher Busch weite Strecken; von der Sonne beschienen erfüllt er die Luft mit betäubendem Aroma, ein Zug, der lebhaft an den tiefen Süden erinnert.

---

[1]) Beck, Günther, Die Vegetationsverhältnisse d. illyrischen Länder. 1901, S. 359.

[2]) Pospichal, E., Flora des östr. Küstenlandes. Bd. I (1897), S. 29.

[3]) Wartmann B. u. Schlatter, Th., Kritische Übersicht d. Gefässpfl. d. Kantone St. Gallen n. Appenzell. Bericht über die Tätigkeit d. St. Gallischen naturwiss. Gesellsch. 1886/87 (1888), S. 395.

[4]) Dalla-Torre, Östr. bot. Zeitschrift. Bd. 40 (1890) S. 264.

[5]) Radde, G., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. 1899, S. 246.

[6]) Northrop, J. J. and Northrop, A. B., Plant Notes from Tadousac and Temisconata county canada. B. Torrey, Bot. Cl. XVII (1890), p. 27—32.

Auch in edaphischer und klimatischer Hinsicht macht sich die Vorliebe unserer Holzart für xerophytische Standorte geltend. Seine reichste Entfaltung erreicht er stets im Kalkgebirge; beinahe nur in diesen Gebieten vermag er andere baumartige Konkurrenten mit Erfolg aus dem Feld zu schlagen und mehr oder weniger reine Bestände zu bilden. Dem Kalk gehören bezeichnenderweise auch seine nördlichsten Vorposten an. Klimatisch bevorzugt die *Sabina* in Mitteleuropa die durch den Einfluss von Seen, durch den Föhn[1]) oder durch Massenerhebung lokal klimatisch begünstigten Länderstriche, sodass ihr Verbreitungsareal, wenigstens an dessen Nordgrenze, sehr zerrissen ist.

Diese Standortsverhältnisse erklären die Vergesellschaftung des Sevibaumes mit Arten südlicher Genossenschaften[2]); dies zeigt sich wieder besonders deutlich im nördlichen Grenzgebiet seiner Verbreitung, so im nördlichen Teil des Kantons Uri, im Gebiet des Vierwaldstättersees und am Wallensee. Mit der *Sabina* finden sich in den Vierwaldstätten (19) *Fumana procumbens*, *Geranium sanguineum*, *Staphylaea pinnata*, *Evonymus latifolius*, *Sarothamnus scoparius*, *Colutea arborescens*, *Coronilla emerus*, *Vicia Gerardi*, *Asperula taurina*, *Artemisia absinthium*, *Sedum hispanicum*, *Lilium bulbiferum*, *Stupa pennata*, *Asplenum adiantum nigrum* und *A. ceterach*. Im Föhnzug des Kt. Glarus treffen wir neben *Juniperus sabina* noch *Evonymus latifolius*, *Coronilla emerus*, *Lilium bulbiferum*, *Asperula taurina* und *Sedum hispanicum*; die letzte ausklingende Spur dieser Zone zeigt noch der Wallensee, wo die *Sabina* mit der zahmen Kastanie, mit *Prunus mahaleb*, *Primula acaulis*, *Cyclamen*, *Parietaria erecta*, *Stupa pennata* und *Sedum hispanicum* auftritt. Im ganzen Gebiet besitzt die *Sabina* mithin dieselben Begleitpflanzen.

Da *J. sabina* hauptsächlich auf den Gesimsen und Terrassen der abfallenden Felsen sich ansiedelt, so ist die von ihr gebildete Formation selten geschlossen; es füllen daher, neben den oben aufgeführten Arten, zahlreiche andere Pflanzen, unter welchen besonders *Compositen* und *Sempervivum*-Arten durch ihre grosse Zahl auffallen, die vom Strauchwerk offen gelassenen Stellen aus. Der Sevibaum tritt als Leitpflanze, als Charakterpflanze oder gelegentlich auch nur als Begleiter folgender Formationen auf:

1. Sabinetum, eine subalpine Strauchformation mit *J. sabina* als vorherrschender Leitpflanze. Nur selten bildet die *Sabina* annähernd reine knieholzartige Bestände, diese sind fast ganz auf die Mittelmeerzone beschränkt, so z. B. in der Herzegowina auf dem Klek bei ca. 1000 m mit *Erica carnea* und *Rhus cotinus*, ferner auf den Felsen des Velebit, südöstlich von Fiume[3]). Ähnliche Vegetationsbilder kehren nach Willkomm[4]) öfters in Spanien wieder. Auf dem bis 1400 m hohen Plateau der Parameras von Molinia de Aragon und Pozodon sind knieholzartig wachsende, bis über 1 m hohe dichtästige Buschbestände von *J. sabina* sehr häufig, ebenso in der Alpenregion der Sierra Nevada.

2. In Krummholzbeständen. *J. sabina* findet sich sehr oft als Nebenbestandteil von Legföhrenbeständen; das Sabinetum muss geradezu als Nebenfacies dieser Formation, in der die *Sabina* das Übergewicht erlangt hat, aufgefasst werden. In der Dinara[3]) ist der Sevibaum hauptsächlich dieser Genossenschaft zuzuzählen, so im liburnischen Karst, im Velebitgebirge, in den Hochgebirgen Herzegowinas, Montenegros und Serbiens. Diese Krummholzbestände

---

[1]) Nach Christ in Schinz, H. und Keller, R., Flora d. Schweiz. I. Teil. 2. Aufl. 1905, S. 18.

[2]) Drude, O., Deutschlands Pflanzengeographie. I. Teil, 1896, S. 272.

[3]) Beck, G., a. a. O. S. 371.

[4]) Willkomm, M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. 1896, S. 177 u. 253.

bestehen fast stets aus *Pinus mughus* und *P. pumilio*, *Juniperus sabina* und *J. nana*, gelegentlich gesellt sich auch noch *J. communis* dazu, ferner strauchige *Fagus silvatica*, *Rhamnus fallax*, *Rosa alpina*, *Ribes alpinum*, *Genista radiata*, *Erica carnea*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Vaccinium myrtillus* und *Lonicera alpigena*.

In der alpinen Region der Sierra Nevada[1]) finden sich ähnliche Vegetationsbilder. Bis zum Gipfel des Pico de las Plazoletas bilden *J. sabina* var. *prostrata* und *Berberis hispanica* Strauchgebüsche, welche sich als dunkelgrüne Flecken vom hellfarbigen Grunde des Hochgebirges abheben. An anderer Stelle sagt Willkomm, dass die niedergestreckte Form der *J. sabina* auch am Südhang der Sierra Nevada mit *J. communis*, *J. nana* und *Berberis hispanica* undurchdringliche Gestrüppe bilde.

3. Als Unterholz in Nadelwäldern. Mit besonderer Vorliebe tritt aber der Stinkwacholder als Begleiter trockener, lichter Kieferwälder auf, so z. B. im Bois de Finge bei Sierre im Wallis; ferner als Charakterpflanze in den *Pinus leucodermis*-Waldungen der Hochgebirge der Dinara; ebenso auch auf der valencianischen Bergterrasse im Becken von Teruel, wo baumförmige Exemplare von *J. sabina* den aus *Pinus laricio* und aus *P. silvestris* bestehenden Waldungen reichlich beigemengt sind. Im mediterranen Bezirk der iberischen Halbinsel, besonders im Quellgebiet des Tajo, bildet *J. sabina* mit den mediterranen Arten *J. phoenicea* und *J. oxycedrus* und mit *Cistus laurifolius* das Unterholz der hauptsächlich aus *Juniperus thurifera* gebildeten „Sabinawälder"[2]), auch im südatlantischen Bezirk ist *J. sabina* wiederum im Unterholz der hier nur aus *Pinus nevadensis* Christ bestehenden Nadelholzwälder reichlich vertreten; zu ihr gesellen sich mediterrane, mitteleuropäische und endemische Sträucher, wie: *J. communis*, *Salix cinerea*, *Quercus ilex*, *Lonicera xylosteum*, *Bupleurum spinosum*, *Berberis hispanica*, *Genista baetica*, *Crataegus monogyna* und *Adenocarpus decorticans*.

4. Bestandteil der Felsenheide, „garide" (nach Chodat), d. h. sonnverbrannter, flachgründiger Abhänge und Hügel, wo das anstehende Gestein überall zu Tage tritt, das atmosphärische Wasser rasch abfliesst und die Insolation eine ganz gewaltige ist. Die meisten Standorte im Wallis und in den Südalpen gehören dieser Formation an.

5. Bestandteil der Dünenflora. In dieser Formation findet sich *J. sabina* nur in Nordamerika und zwar sowohl am atlantischen Küstensaum, als auch als Begleiter der Litoralflora der grossen Seenplatte, besonders am Michigansee[3]). Die Sandbänke sind oft dicht bedeckt von einem Geflecht von *J. sabina*, *J. communis*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Vaccinium vitis idaea*. Diese immergrünen Gewächse siedeln sich hauptsächlich auf der Windseite der Dünen an.

Das Verbreitungsareal des Stinkwacholders ist viel beschränkter als dasjenige des gemeinen Wacholders. Es sind zwei gesonderte Areale zu unterscheiden.

I. Das eurasische Verbreitungsgebiet. Für Europa und Asien ist *J. sabina* eine Gebirgspflanze der montanen und subalpinen, stellenweise aber auch der alpinen Region und zwar hauptsächlich der südlichen Grenzgebirge zwischen dem gewaltigen eurasischen Waldgebiet und dem Mittelmeerbecken einerseits, der zentralasiatischen Gebirgsmasse anderseits. In den Gebirgen der Mittelmeerländer geht unsere Holzart jedoch weit nach Süden, ohne aber Afrika zu erreichen; in der unteren immergrünen Region wird sie durch *J. phoenicea* ersetzt. Den mittel- und nordeuropäischen Gebirgen, wie auch der Arktis fehlt der Sevibaum. Die Nordgrenze wird durch die Linie

---

[1]) Willkomm, M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel, 1896, S. 177 u. 253.

[2]) Willkomm, M., a. a. O. S. 186.

[3]) Cowles, H. Ch., The ecological relations of the vegetation on the sand Dunes of Lake Michigan. Contributions from the Hall, Botanical Laboratory XIII. Chicago 1899.

Pyrenäen-Alpen-Karpathen-Jailadagh-Kaukasus bestimmt. Im einzelnen gestaltet sich die Verbreitung wie folgt:

a) Iberische Halbinsel[1]). Von der Sierra Nevada bis zu den Pyrenäen (Bourdette[2]) häufig und vielfach Bestände bildend. In den unteren Lagen oft als 3 bis 4 m hoher Baum, an der Baumgrenze als Krummholz und zwar im Süden bis 2700 m ansteigend. Für Europa liegt der Massenzentrum des Stinkwacholders in Spanien.

b) Alpensystem. Von den Seealpen bis nach Oberösterreich sehr disjunkt verbreitet, stellenweise häufig und massenhaft, so z. B. im Wallis[3]), besonders in dessen südlichen Seitentälern; mehr vereinzelt in den Nordalpen und in Graubünden, teils an warmen Gehängen, wie im oberen Saanental und im Val Ferrera, teils als Charakterpflanze der See- und Föhnzone: Vierwaldstättersee, Glarus, Südabfall der Curfirsten. Nach Dalla Torre[4]) ist *J. sabina* in Nordtirol nur von folgenden Stellen bekannt: Oberinntal zwischen Prutz und Finstermünz, Ötztal, Pitztal, im oberen Sillgebiet, Unterinntal, im Zillertal, jenseits des Brenner im Pfitschtal, im oberen Iselgebiet, im Antholz, im Abteital und im Buchenstein, ferner an der Martinswand bei Zirl. Reichlicher ist der Sevibaum in Südtirol vertreten, woselbst er bis ins Pantenatal (Goiran[5]) zwischen dem Gardasee und den Lessiner Bergen vordringt und sich mit *Quercus ilex* vergesellschaftet. Weiter östlich tritt er mehr an einzelnen versprengten Standorten auf; in den bayrischen Alpen nur am Fagstein bei Berchtesgaden, ca. 1800 m hoch und vielleicht ebenfalls wild bei Reichenhall und im Ammergau, sonst aber nirgends. Das gleiche gilt für Kärnten und Steiermark: einzelne Angaben dürften zudem wohl eher auf verwilderte Pflanzen zu beziehen sein. Wild wächst er bei Heiligenblut, Sagritz und Ferbach, sowie auch im Malta- und Malnitzer Seetal (Drude[6]). Der östlichste Standort in den Alpen findet sich in Oberöstreich am Bohatsch; von dieser Stelle ist das Vorkommen schon vom Jahre 1782 bestätigt.

Noch zerrissener ist das Verbreitungsareal von *J. sabina* in den Karpaten. Als seltene Erscheinung sonniger Felsen tritt der Sevibaum im Kalkzug der Pienninen (Pax[7]) auf; er fehlt ganz in den Zentralkarpaten, erscheint dagegen nochmals an einigen Stellen im siebenbürgischen Erzgebirge und am Abhang des Caleanuluistockes gegen die Porta orientalis. Die östliche Grenzlinie verläuft von Klausenburg durch das mittlere Marostal zum Schyll. Die Angaben von Schur und Drude, dass *J. sabina* in Siebenbürgen „eine grosse Zahl von Standorten besitze", beruht, wie Csató, Bielz, Barth und Fronius[8]) gezeigt haben, auf Irrtum.

---

[1]) Willkomm, M. et Lange, J., Prodromus florae hispanicae. Bd. I. 1861, S. 21.

[2]) Bourdette, J., Sur la flore des Hautes Pyrénées. B. S. B. France 1886, S. 254—262.

[3]) Jaccard, H., Catalogue de la flore valaisanne. 1895, S. 404.

[4]) Dalla Torre, Österr. bot. Zeitschr. 1890, S. 264.

[5]) Goiran, A., Sull' inserzione spontanea di una pianta di Quercus Ilex sopra un'altra di platano. Nuovo G. Bot. Ital. XXII. 1890, S. 256/257.

[6]) Drude, O., a. a. O. S. 271.

[7]) Pax, Ferd., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpaten. Bd. I. 1898, S. 133 u. 194.

[8]) Csató, J., Beiträge zur Verbreitung v. *J. sabina* in Ungarn (ungarisch), Magy Növényt Lapok. Jahrg. IX, 1885, S. 97/99. — Bielz, E., Das Vorkommen u. d. Verbreitung d. Sade-Wacholders in Siebenbürgen. Verh. u. Mitteilung. des siebenbürg. Vereins für Naturwiss. in Hermannstadt. XXXVI, 1886. S. 51—54. — Barth, F., Eine bot. Exkursion ins Hátszegertal. Wie vorige. XXXIII, 1883. — Fronius, F., Zur Charakteristik d. siebenbürgischen Karpathenflora. Jahrbuch d. siebenb. Karpathenvereins I, 1881, S. 124—146.

c) Italien[1]) nur im Alpengebiet und Appenin, mit Hauptverbreitung von 1300—1700 m; auf der eigentlichen Halbinsel ziemlich spärlich.

d) Balkanhalbinsel[2]). Verbreiteter ist *J. sabina* dagegen auf der Balkanhalbinsel, sie folgt den dinarischen Alpen bis weit nach Süden. Noch ziemlich selten im österreichischen Litoralgebiet, gewinnt sie schon in Kroatien an Bedeutung, um besonders in Dalmatien, Herzegowina und Montenegro einen ganz bezeichnenden Bestandteil der Krummholzregion zu bilden. Nach Vukotinovič[3]) wächst bei 1800 m auf dem Kamm des Rišnjak in Kroatien *J. sabina* mit *Pinus pumilio*, *Aster alpinus* und *Rhododendron hirsutum*.

e) Russisches Reich. Für den Jaila-dagh ist das Auftreten einer aus *J. sabina*, *J. nana* und *depressa* bestehenden Wacholderzone über dem Buchengürtel bezeichnend (Ageenko[4]). Als weitere Begleiter dieser Region werden aufgeführt: *Genista albida*, *Cytisus polytrichus* und *Pirus elaeagnifolius* (Rehmann[5]).

Im Kaukasus ist *J. sabina* recht selten. Der Sevibaum gehört hier mit *Sorbus aucuparia*, *Acer pseudoplatanus*, *Ribes petraeum* nur der subalpinen Birkenzone (*Betula alba*) des Rionbeckens an (Sredinsky[6]): so findet er sich an den Msymtaquellen (Radde[7]). Östlich erscheint er im Talysch, am gebirgigen Südwestufer des kaspischen Meeres nochmals. Es ist dies um so beachtenswerter, als dieses Gebiet durch seine Armut an Coniferen ausgezeichnet ist. Die sechs kaukasischen *Juniperus*-Arten sind fast ganz verschwunden, mit Sicherheit sind von Nadelhölzern neben dem Sevibaum nur *J. communis* und *Taxus* nachgewiesen.

Ein isolierter, sehr vorgeschobener Verbreitungsbezirk der *J. sabina* liegt ferner in den Vorbergen des südlichen Ural. (Gandoger, Litwinow[8]). Von ganz hervorragendem pflanzengeographischen Interesse sind jedoch die Vorkommnisse im Gebiet des russischen Flachlandes; dieselben sind auf einige weit auseinander liegende, isolierte grössere oder kleinere Zentren beschränkt und zwar immer als Begleiter von Kiefernwaldungen, wie im Kreidegebirge längs des Donez, auf den Wolgagebirgen, auf der zentralen Anhöhe des Gouvernement Orel und selbst noch auf den silurischen Kalken des baltischen Küstenlandes. Litwinow vertritt die Hypothese, dass diese Standorte als Glazialrelikte zu deuten seien, für den Reliktencharakter spricht auch die Tatsache, dass *J. sabina* in diesen Bezirken mit einer Reihe anderer, seltener, xerophytischer Arten von ähnlicher Verbreitung vergesellschaftet ist. Die Bezeichnung Glazialrelikt scheint uns jedoch nicht zutreffend, den Tatsachen besser entsprechend dürfte für diesen ausgesprochenen Xerophyt die Deutung als Steppenrelikt, d. h. als Florenrestbestandteil aus der postglazialen aquilonaren Periode, sein. Dafür spricht

[1]) Arcangeli, Flora italiana. 1882, S. 638. Fiori et Paoletti, Flora analytica d'Italia, vol. I. 1896—1898. S. 30 f.

[2]) Beck, Günther, a. a. O. S. 287/88, 297/98, 359, 371/72.

[3]) Vukotinovič, L. v., Zur Flora v. Kroatien. Östr. bot. Zeitschr. 1877, S. 339—342.

[4]) Ageenko, Die Flora d. Krim. Berichte der St. Petersburger naturforsch. Gesellsch. Bd. XXI, 1890, ebenso Bd. XVIII, 1887.

[5]) Rehmann, A., Über d. Vegetationsformationen d. taurischen Halbinsel u. ihre klimatischen Bedingungen. Verh. d. zoolog.-bot. Gesellsch. in Wien 1875, S. 373—410.

[6]) Sredinsky, N., Umriss d. Vegetation d. Rion-Beckens. Schriften d. neurussischen Gesellsch. d. Naturf. Bd. II, H. 3. Odessa 1874, S. 371—487, russisch. Referat in Just. bot. Jahresber. 1874, S. 1148.

[7]) Radde, G., a. a. O. S. 183 u. 207.

[8]) Gandoger, M., Plantes nouvelles pour la fl. de la Russie. B. S. B. France. vol. 45, 1898, S. 221—235 und Litwinow, Pflanzengeogr. Bemerkungen über die Flora d. europ. Russlands. Bull. soc. nat. Moskau, 1890, Nr. 3 (russisch), ebenso Jahresberichte der kaiserl. Moskauer naturf. Gesellsch. 1898.

auch die Angabe Fedtschenko's[1]), dass *J. sabina* in russisch Turkestan und in Südsibirien wieder verbreitet ist.

Die ganze Verbreitung unserer Holzart im Alpen-System, besonders in den Nord-Alpen und in den Karpathen zeigt diesen Reliktencharakter. Dass *J. sabina* jedenfalls ein sehr alter Typus ist, ergibt sich auch daraus, dass bereits im Keuper Europas Reste einer Pflanze, die dem Sevibaum sehr nahe stand, aufgefunden worden sind (Schimper[2]).

Sämtliche Angaben über das Auftreten der *J. sabina* in der mitteldeutschen Gebirgsschwelle, wie z. B. diejenigen aus der Eifel, aus dem Harz etc. beziehen sich dagegen nur auf verwilderte Pflanzen. (Hallier, E.,[3]) Goiran).

Für das eurasische Gebiet ergeben sich folgende Daten über die Höhenverbreitung des Stinkwacholders:

	Tiefste	Höchste
	Standorte.	
Iberische Halbinsel (Willkomm)	1200 m	ca. 2700 m
	(Parameras von Molinia)	(Sierra Nevada)
Wallis (H. Jaccard)	500 m	2500 m
		(Findelen)
Curfirsten (Baumgartner) . .	1500 m	1700 m
		(Schröter)
Bayerische Alpen	—	ca. 1800 m
		(ob. Berchtesgaden)
Dinara (G. Beck)	984 m	ca. 2300 m
	(Velebit)	(Dumitor)
Siebenbürgen (Fronius) . . .	800 m	1200 m (?)
Krim: Jaila-dagh	1000 m	ca. 1700 m
	(Rehmann)	(Ageenko)

II. Das nordamerikanische Verbreitungsgebiet[4]). *J. sabina* ist in Amerika hauptsächlich eine Pflanze der Litoralgebiete der atlantischen Küste vom südlichen Kanada durch Neu-Schottland, Maine bis in die Gegend von New York, sowie der Tiefländer des Mississippibeckens, so besonders um die grosse Binnenseenplatte, ferner im Staate Wyoming (Nelson[5]); sie geht dann bis in die Vorberge und in die Waldregion der Rocky Mountains von Britisch-Columbia bis in die schwarzen Berge und in die Badlands von Süd-dakota (Thompson[6]).

Die Keimungsgeschichte von *J. sabina* ist nicht näher verfolgt. Wir wissen nur, dass die Art ausgesprochen heterophyll ist, indem die jungen Pflanzen bis etwa zum zehnten Jahr nur nadelförmige, spitz abstehende Blätter tragen (95). Diese Jugendform weist darauf hin, dass der Stinkwacholder wohl auch von paläophytischen, Nadelblätter tragenden Coniferen abzuleiten ist (Strasburger). Auch an ausgewachsenen, besonders an kultivierten Exemplaren werden an einzelnen Zweigen öfters mehr oder weniger nadelförmig ausgebildete Blätter be-

[1]) Fedtschenko, B., Note sur les conifères du Turkestan-Russe. Bull. herb. Boissier. VII, 1899, S. 185—197.

[2]) Schimper, Palaeontologie végétale 1874.

[3]) Hallier, E., Floristische Bemerkungen in der Umgegend von Halle a. S. Bot. Monatsbl. 1885.

[4]) Britton and Brown, Illustrated flora of the Northern States and Canada vol. I, 1896, S. 60.

[5]) Nelson, A., Wyoming Junipers. Bot. Gaz. XXV, 1898, S. 196—199.

[6]) Thompson, M. A., The Flore of the Block Hills. A. Gr. B., Nr. 7, 1894. S. 37, 38.

obachtet, die als Rückschläge zur Stammform zu deuten sind. Im Hof der Sternwarte von Zürich fand sich ein Exemplar mit dimorpher Ausbildung der Blätter; neben normalen Schuppenblättern zeigte dasselbe stets auch Zweige mit Nadelblättern (leg. C. Schröter).

Der Wuchs des ausgewachsenen Sadebaumes ist sehr vielgestaltig. Meist tritt er strauchartig als kriechendes Knieholz auf, dessen mehr oder weniger ausgebreitet niederliegendes Astwerk an den Enden wieder legföhrenartig aufstrebt (2). Durch diese Wuchsform kann er in lückigem Bestande als Bodenschutzholz eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Bedeutung besitzen (30). Nicht häufig ist das Auftreten als Grossstrauch und geradezu selten wird er als kleiner Baum von 3—5 m Höhe angetroffen. Solche baumartige Exemplare werden gelegentlich für *J. phoenicea* gehalten. Eine viel umstrittene Frage war in dieser Hinsicht die Deutung eines berühmten baumartigen Wacholders aus der Sektion *Sabina* bei Grenoble. Während Coincy[1]) ihn für näher verwandt mit *J. thurifera* L., dem er als var. *gallica* anzugliedern wäre, erklärte, zeigte L. Vidal[2]), dass derselbe nur ein aussergewöhnlich grosses Exemplar von *J. sabina* ist. In Kultur vermag der Stinkwacholder gelegentlich sogar noch stattlichere Gestalt anzunehmen. Matthieu[3]) erwähnt als Maximalmasse eine Höhe von 12 m und einen Stammumfang von 2—3 m. Seitdem jedoch der Wirtswechsel der Uredinee *Gymnosporangium Sabinae* Winter, dessen Teleutosporengeneration an den Zweigen des Stinkwacholders sehr auffällige krebsartige Zweigverdickungen erzeugt, aus denen die gallertigen, braunroten, kegel- bis zäpfchenförmigen, öfters kammförmig geteilten Stromata hervorwachsen und deren Aecidien den bekannten Gitterrost der Birnbäume (*Roestelia cancellata* Rebent.) verursachen, bekannt geworden ist, ist in vielen obstbautreibenden Gegenden die Entfernung des Sevibaumes durch Flurgesetze angeordnet worden, so dass *J. sabina* in manchen Gegenden Mitteleuropas als Zier- und Anlagenbaum recht selten geworden ist.[4])

Der baumartige Stinkwacholder bildet meistens einen kurzen, schräg aufsteigenden, knorrigen Stamm und eine unregelmässige, dicht buschig verzweigte Krone mit zahlreichen kürzeren und längeren, abstehenden Ästen; in dieser Ausbildung nimmt er sich besonders zwischen Felsen sehr malerisch aus. Seltener ist der als Gräberschmuck beliebte Säulen-Sadebaum. Von der Form einer schlanken, dunkelgrünen Säule, erinnert er habituell an den irländischen Säulenwacholder. Sehr dekorativ wirkt auch eine aus Holland stammende, mehrere Meter hohe Form, deren schlanke Äste zypressenähnlich schräg aufwärts streben (2).

Das homogene Holz ist entsprechend seinem langsamen Wachstum sehr feinringig und ausserordentlich dauerhaft (30), dabei aber doch weich, so dass es

---

[1]) Coincy, de, Sur le Juniperus sabina v. arborea des environs de Grenoble Bull. soc. bot. Fr. XLIV. 1897. S. 231.

[2]) Vidal, L., Note sur un genévrier des environs de Grenoble. Bull. soc. bot. Fr XLIV. 1897. S. 51.

[3]) Matthieu, A., Flore forestière, éd. IV. 1897. S. 519.

[4]) Siehe: 1. Goeppert, Der Rost des Birnbaumes. Hamburger Garten- u. Blumenzeitung. 1874. Heft 3. S. 124.
2. Cramer, C., Über den Gitterrost der Birnbäume. Schweiz. landwirtsch. Zeitsch. 1876. Jahrg. IV. Nr. 7/8.
3. Tubeuf, K. v., Pflanzenkrankheiten, durch kryptogame Parasiten verursacht. 1895. S. 408 ff.
4. Hartig, R., Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. 1900. S. 150 ff.
5. Fischer, Ed., Die Uredineen der Schweiz. Bd. II. Heft 2 der Beiträge der Kryptogamenflora der Schweiz. 1904. S. 394—397.

sich nach allen Richtungen leicht schneiden lässt. Der spärlich vorhandene weisse Splint hebt sich scharf vom lebhaft bläulichroten Kernholz ab; da jedoch die Färbung unter dem Einfluss des Lichtes sich bald verliert, so ist dieser Unterschied nur beim frischen Holz zu sehen. Als Densität wird 0,461—0,566 angegeben. Auffallend ist auch der angenehme, starke und lang anhaltende Geruch (Matthieu a. a. O.). Die zuerst aschgraue, dann gelbbraune und endlich rötliche Rinde bildet später eine blätterig-faserige Borke.[1])

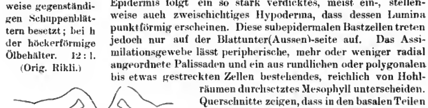


Fig. 167. *Juniperus sabina.* Zweig mit kreuzweise gegenständigen Schuppenblättern besetzt; bei h der höckerförmige Ölbehälter. 12 : 1. (Orig. Rikli.)

An den reichlich verzweigten, stark besenförmig verlängerten Ästen stehen die vorwiegend schuppenartigen, meistens kreuzweise gegenständigen, immergrünen Blätter, dicht-dachziegelig; so entstehen vier rechtwinklig von einander divergierende Geradzeilen (Fig. 167). Nur an üppig aufschiessenden Zweigen werden gelegentlich Dreierquirle beobachtet[2]), ein Verhalten, das stellenweise bei der baumförmigen, mediterranen *Sabina* konstant geworden zu sein scheint, so z. B. bei der var. *tamariscifolia* Ait. (2). Die Schuppenblätter (Fig. 167) sind in frischem Zustand dunkelgrün; eine Form (*f. variegata hort.*) mit ziemlich gleichmässiger und beständiger, bunt-gelblichweisser Beschuppung wird gelegentlich in Gärten angetroffen. Die nur 1—2,5 mm langen, länglich-rautenförmigen bis rhombisch-lanzettlich zugespitzten oder beinahe stumpfen Einzelblätter sind 2—3 mal so lang als breit. Die flache bis schwach konkave Innen(Ober)-seite ist mit dem Stengel mehr oder weniger verwachsen und mit zwei weisslichen Wachsstreifen versehen. Die Spaltöffnungen (Fig. 168) treten nur innerhalb dieser Wachsbelege auf (95). Die Aussen(Unter)-seite ist dagegen etwas vorgewölbt und meistens ohne Stomata, ungefähr in ihrer Mitte sieht man als länglichen, bei frischem Material glänzend-gelben Höcker den grossen Ölbehälter durchschimmern. Anatomisch (Fig. 169) zeigt das Blatt zentrischen Bau. In der Cuticula finden sich Einlagerungen von Oxalatkristallen.[3]) Auf die dickwandige Epidermis folgt ein so stark verdicktes, meist ein-, stellenweise auch zweischichtiges Hypoderma, dass dessen Lumina punktförmig erscheinen. Diese subepidermalen Bastzellen treten jedoch nur auf der Blattunter(Aussen)-seite auf. Das Assimilationsgewebe lässt peripherische, mehr oder weniger radial angeordnete Palissaden und ein aus rundlichen oder polygonalen bis etwas gestreckten Zellen bestehendes, reichlich von Hohlräumen durchsetztes Mesophyll unterscheiden. Querschnitte zeigen, dass in den basalen Teilen der Blätter keine Gefässbündel verlaufen, nur in der freien Spitze werden kleinere Bündel angetroffen; so ist das Leitungssystem auf das zentrale, dem Stengel angehörige Gefässbündel beschränkt. Der weite Harzgang wird von zahlreichen schmalen, langgestreckten



Fig. 168. *Juniperus sabina.* Querschnitt durch eine Spaltöffnung. 300 : 1. (Orig. Brutschy.)

[1]) Berg, O. C. u. Schmidt, C. F., Atlas der offizinellen Pflanzen. Bd. IV. 1902. S. 60.

[2]) Schumann, C., Praktikum für morpholog. u. systematische Botanik. 1904. S. 353.

[3]) Klemm, P., Über den Bau der beblätterten Zweige der Cupressineen. Diss. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 17. 1886. S. 498—540. Taf. XXVIII—XXXI.

Fig. 169. *Juniperus sabina.* Querschnitt durch einen Zweig mit daran sitzenden Schuppenblättern.
A Basis des nächstfolgenden dekussierten Schuppenpaares, Col Collenchym, E Epidermis, G Gefässbündel des Zweiges, H Harzkanal, J Interzellularräume, Hyp Hypoderma, P Palissadengewebe, Schw Schwammgewebe, St Spaltöffnungen, T Transfusionsgewebe. 100 : 1. (Orig. Rikli.)

Epithelzellen ausgekleidet. Vergleichen wir diesen Blattbau mit demjenigen des nahe verwandten mediterranen *J. phoenicea*, so bleibt — wie bereits Kerner hervorgehoben — durchaus rätselhaft, weshalb *J. phoenicea* nicht ebenso gut wie der Sevibaum in der Knieholzregion der Alpen, wo der Boden oft monatelang gefroren und die Vegetation unter Schnee begraben ist, auftritt. Wir müssen daher wohl annehmen, dass das verschiedene Verhalten der beiden Arten gegenüber niederen Temperaturen auf eine verschiedene Konstitution des Protoplasmas zurückzuführen ist.



Fig. 170.
Juniperus sabina.
Zweig mit grösseren, fast nadelförmigen Blättern besetzt; h der höckerförmige Ölbehälter. 4 : 1. (Orig. Rikli.)

Neben den Schuppenblättern kommen besonders an jüngeren Sträuchern, aber auch an älteren Trieben, hauptsächlich bei kultivierten Exemplaren, grössere und mehr nadelförmige Blätter vor (Fig. 170). Dieselben sind schmal-lanzettlich, 3—9 mm lang, etwas herablaufend, sie besitzen eine lange, drüsentragende Mittelfurche und endigen in eine mehr oder weniger abstehende, kräftig pfriemenförmige Stachelspitze. Im Gegensatz zu den Nadelblättern von *J. communis* sind sie nicht gegliedert. — An Zweigspitzen werden hin und wieder grössere, knospenartig zusammenneigende Nadeln

beobachtet. Es ist eine durch den Stich einer Gallmücke verursachte krankhafte Missbildung, ähnlich der, wie sie oft bei der Eibe angetroffen wird.[1])

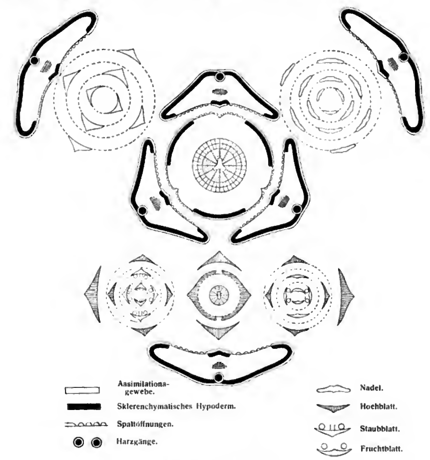


Fig. 171. *Juniperus sabina.*
Synoptisches Diagramm eines Sprosssystemes, Nadel- und Schuppenspross männliche und weibliche Blüten willkürlich kombiniert. (Orig. Schröter.)
Es sind zwei dreigliedrige Wirtel eines starken nadeltragenden Triebes dargestellt. In der Achsel der linken oberen Nadel steht ein schuppentragender Achselspross, in der Achsel der Nadel rechts oben ein nadeltragender Achselspross; die untere Nadel trägt einen Schuppenspross mit einer männlichen und einer weiblichen Blüte.

Die Lebensdauer der Blätter ist nicht sehr lang, schon im dritten Jahre werden sie durch die Bildung der rotbraunen, dünnblätterigen Borke abgeworfen.[2]) Die Blätter und Zweige verbreiten, besonders gerieben, einen widerlichen, harzig-

[1]) Thomas, Fr. A. W., Alpine Mückengallen. Verh. d. k. k. zoolog.-bot. Gesellsch. in Wien. Jahrg. 1892. S. 356—376.

[2]) Schumann, C., Praktikum für morpholog. u. systematische Botanik. 1904. S. 853.

narkotischen Geruch und besitzen einen bitteren, brennend-kampherartigen Geschmack, der durch den Gehalt eines giftigen, scharf ätherischen Riechstoffes, des Sabinaöls (Oleum Sabinae), welches mit dem Terpentinöl gleiche chemische Zusammensetzung hat[1]), bedingt wird. Am giftigsten sind die frischen Zweige, weniger stark wirkt das trockene Kraut.[2]) Der wichtigste Bestandteil ist das Sabinol, ein Alkohol $C_{10}H_{15}OH$, der teils frei, teils an Essigsäure und zwei unbekannte Säuren gebunden ist. Ausserdem enthält das Öl noch Diacetyl $(CH_3CO)_2$, Sabinen $C_{10}H_{16}$ und wahrscheinlich auch Pinen, ferner einen Körper von Aldehyd- oder Ketonnatur; das spez. Gewicht ist 0,910—0,930.[3]) Symes gibt dagegen für englisches Sabinaöl ein spez. Gewicht von 0,927, für fremdes Öl ein solches von nur 0,884 an. Das Rotationsvermögen des ersteren beträgt — 30,28, des letzteren + 10,53.[4]) Herba Sabinae enthält bis 4 % des ätherischen Öls[5]), welches durch Dampfdestillation gewonnen wird. Dasselbe wird schon in der Taxordnung der Stadt Frankfurt a. M. vom Jahre 1587 erwähnt. Das Rohmaterial des in Deutschland verwendeten Sabinaöls stammt meistens aus Tirol.[6]) Sechs Tropfen des reinen Öls bedingen beim Menschen schon Vergiftungen.[7])

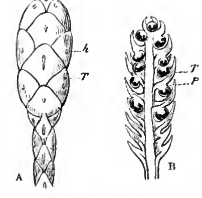
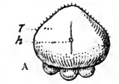


Fig. 172. *Juniperus sabina.*
Männl. Brachyblast, unten aus Schuppenblättern, oben aus Staubblättern bestehend. A von aussen, B im Längsschnitt. 12 : 1.
h Öldrüse, T Connectiv, P Pollensack.
(A Orig. Rikli, B nach Berg u. Schmidt.)

J. sabina ist eingeschlechtig, in einzelnen Gegenden vorherrschend monöcisch, in anderen diöcisch. Die männlichen und weiblichen Blüten beschliessen kurze, mit dekussierten Blattschuppen besetzte Zweiglein, sog. Brachyblasten (Fig. 172 A, 174 A), und stimmen im wesentlichen, auch hinsichtlich des Bestäubungsvorganges, mit denen von *J. communis* überein. Die Anthese erfolgt im April oder Mai. Der männliche, stumpf-ellipsoidische, 2—7 mm lange Blütentrieb (Fig. 172) besteht im unteren Teil aus 3—5 sterilen Schuppenpaaren, es folgen 10—14 ebenfalls kreuzgegenständige Sporophylle. Jedes Sporophyll entspricht einem Staub-



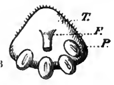


Fig. 173. *Juniperus sabina.*
Ein Staubblatt, A von oben, B von unten gesehen.
h Öldrüse, F Filament, T Connectiv, P Pollensack. 20 : 1. (Orig. Rikli).

[1]) Müller, C., Medizinalflora. 1890. S. 135/136.
[2]) Kobert, R., Lehrbuch der Intoxikationen. Stuttgart. 1893, S. 360.
[3]) Fischer, B. u. Hartwich, C., Hagers Handbuch der pharmaceutischen Praxis. Breslau. 1902. Bd. II. S. 763—766.
[4]) Symes, C., The polarimeter and its use in pharmacy. Year Book of pharmacy. S. 454—468.
[5]) Gilg, E., Pharmakognosie. Berlin 1905. S. 24.
[6]) Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. Bd. II. S. 575.
[7]) Lewin, L., Lehrbuch der Toxikologie. 1897. S. 400.

blatt (Fig. 173), welches wie ein kleines Schildchen aus einem sehr kurzen, zentralständigen Filament und dem kreis-rundlichen oder stumpf-dreieckig abgerundeten, am Rande öfters feinwimperigen Konnektiv besteht. In ihrer Mitte trägt die Schildschuppe eine Öldrüse.[1]) Am Konnektiv sitzen 2—4 länglich-

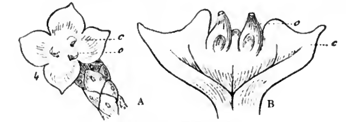


Fig. 174. *Juniperus sabina.*
A Weiblicher Brachyblast mit 4 Fruchtblättern, von denen 3 Samenanlagen tragen. 15 : 1.
B Längsschnitt durch eine weibliche Blüte. 40 : 1. c Fruchtblätter, n Samenanlagen.
(Nach Berg u. Schmidt.)

eiförmige Pollensäcke, welche sich intrors durch einen meist etwas schief stehenden Längsspalt öffnen. Der Pollen ist kugelig und glatt.

Die weiblichen, 3—6 mm langen Brachyblasten (Fig. 174) sind zur Blütezeit zwar aufrecht (102), aber später im Gegensatz zu den aufrechten weiblichen Sprossen von *J. virginiana* L. hakenförmig nach unten gekrümmt; sie beginnen mit 3—8 dekussierten Schuppenpaaren und schliessen in der Regel mit vier gelblichen, etwas grösseren, zur Blütezeit sternförmig spreizenden Fruchtblättern ab. Die Carpelle tragen am Grunde je eine Samenanlage; selten findet man zwischen ihnen in der Mitte ein kleines keulenförmiges Körperchen, die Fortsetzung der Blüten-

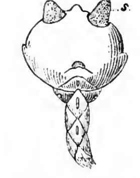


Fig. 176. *Juniperus sabina.* Beerenzapfen mit oben frei liegenden Samen S; var. *gymnosperma* Schröt. 5 : 1. (Orig. Rikli.)

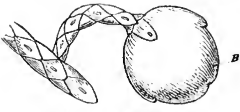


Fig. 175. *Juniperus sabina.*
Zweigchen mit einem reifen Beerenzapfen B. 5 : 1
(Orig. Rikli.)

achse (68). Bei normaler Entwicklung besitzt somit die „Blüte“ 4 Samenanlagen, oft erfolgt aber ein Ausfall, so dass meist nur 3 oder 2, selten sogar nur ein einziger Samen, der alsdann eine terminale Stellung einnimmt, zur Entwicklung gelangt. Indem bei der Reife sich die Fruchtblätter durch interkalares Wachstum ihrer Basis aufrichten und fleischig werden, bedecken sie die Ovula; so entsteht der Beerenzapfen (Fig. 175). Eine Spielart mit offenen

[1]) Müller, C., Medizinalflora. 1890. S. 135/136.

Beeren, bei der die Samen somit mehr oder weniger vorragen, wurde von C. Schröter am 31. Mai 1903 in Wallis am Weg von Visp nach Visperterbinen, zwischen 1000 und 1300 m, gesammelt und als lus. *gymnosperma* bezeichnet[1]) (Fig. 176). Diese Abweichung wurde auch von Brügger[2]) bei Trimmis bereits i. J. 1871 gesammelt. Durch vier kleine, höckerige Spitzchen ist auch am reifen Beerenzapfen die Entstehung desselben aus vier Fruchtblättern erkenntlich.

Die in wärmeren Gegenden bereits im Herbst nach der Anthese, meistens jedoch erst im Frühling des folgenden Jahres ausgewachsenen, erbsengrossen, blauschwarzen und glaukbereiften Beerenzapfen sind kugelig oder schwach dorsiventral abgeplattet, 5—7 mm lang und 5—8 mm breit. Im grünen Fleisch stecken 1—4 eiförmige Samen, deren Bau gegenüber denjenigen von *J. communis* keine wesentlichen Unterschiede zeigt. Die reifen Beerenzapfen enthalten, wie die Zweige, das giftige Sabina-Öl und sind, wie die Zapfen des Wacholders, der endozoischen Verbreitung durch Vögel angepasst, mögen wohl auch vorzugsweise von Drosselarten verzehrt werden.

2. Klasse. **Gnetales.**

3. Familie. **Gnetaceae.**

Wichtigste spezielle Literatur:[3])

1. Bonnet, E. Note sur les Ephedra de la flore française. Bull. de la soc. bot. de France. T. 24. 1877. S. 116—124.
2. Evans, W. H. The stem of Ephedra. Botan. Gazette, Vol. 13. 1888. S. 265–268.
3. Jaccard, P. Recherches embryologiques sur l'Ephedra helvetica. Bull. de la soc. vaudoise des sc. nat. T. 30. Nr. 114. 1894. S. 46—84.
4. Ross, H. Beiträge zur Kenntnis des Assimilationsgewebes und der Korkentwickelung armlaubiger Pflanzen. Dissert. Freiburg i. B. 1887.
5. Stapf, O. Die Arten der Gattung Ephedra. Denkschriften der Kais. Akad. d. Wiss. Mathem.-Naturw. Klasse. Bd. 56. Abt. II. 1889. S. 1—112.
6. Strasburger, E. Die Bestäubung der Gymnospermen. Jenaische Zeitschr. Bd. 6. 1871. S. 249—262.
7. — — Die Coniferen und die Gnetaceen. Jena 1872.

8. Gattung **Ephedra L.** (Bearbeitet von Kirchner.)

16. Ephedra distachya L. Meertrübel.

Zusammen mit ihrer Unterart *E. helvetica* C. A. Meyer ist *E. distachya* im südlichen Grenzbezirk unseres Florengebietes eine Vertreterin der im allgemeinen die Steppen- und Wüstengebiete von Nordafrika, Europa, Asien und Amerika bewohnenden Gattung. Es ist ein autotrophes, blattloses, strauchiges Rutengewächs, das eine sehr weitgehende Anpassung an ein exzessives Klima zeigt und mit seinen starren, gebüschelten, schlanken Zweigen im Aussehen an einen Schachtelhalm erinnert. Die Art kommt an sandigen und felsigen Standorten vor, aber trotz der augenscheinlichen Herabsetzung der Transpirationsgrösse ihrer Sprosse durch deren verringerte Oberfläche und xerophytische Struktur doch nur an solchen Örtlichkeiten, wo die Wurzeln entweder auf sandigem Boden Wasser

[1]) Belegexemplar im Herb. helveticum des eidg. Polytechnikum.

[2]) Ber. d. schweiz. botan. Gesellsch. XIII, 1903. S. 117. XIV, 1904, S. 115.

[3]) Vergl. die allgemeine ökologische Literatur S. 24 ff., im folgenden Text mit fetten Ziffern zitiert.

zu erreichen, oder auf felsigen Plätzen es aus Spalten und Ritzen herbeizuschaffen vermögen (19, 5).

Die geographische Verbreitung der Art erstreckt sich über mehr als 30 Breitengrade und 110 Längengrade von den europäischen Küsten des westlichen Mittelmeerbeckens bis zur Nordküste des Schwarzen Meeres, im Stromgebiet des Kaspischen Meeres nördlich bis zum 53. Grad n. Br. und in die nordturanischen und südsibirischen Steppen mit stellenweisem Übergreifen nach Süden bis in das sibirische Bergland und nach Norden bis in die Polarregion. Im Gebiet findet sich die Hauptart nur an wenigen Stellen in Südtirol und Friaul, die Unterart *helvetica* nur im Rhonetal im Kanton Wallis (5). Hier bildet die Pflanze mit *Artemisia valesiaca*, *Sempervivum*, *Stupa*-Arten und der eingebürgerten *Opuntia vulgaris* eine höchst charakteristische, fremdartig anmutende Genossenschaft auf der Walliser Felsheide (19), auf den sonnenverbrannten Felsgehängen der Talböschungen und der isolierten Felshügel von Folaterres bei Martigny bis Siders.[1])

Die Keimung der Samen (Fig. 177) wird durch Aufnahme von Wasser durch den engen, in der Samenschale befindlichen Kanal an der Spitze des Samens eingeleitet; dann streckt sich das Keimwürzelchen und schiebt die Kernwarze mit dem dieselbe umgebenden obersten Teil des inneren Integumentes vor sich her in die obere Öffnung der Samenschale. Nun reisst diese von der Spitze her, meist zweiklappig, auf, die Kernwarze wird durchwachsen oder zur Seite geschoben, die Samenhülle und das innere Integument vom Keimwürzelchen durchbrochen, und dieses wendet sich abwärts, um in die Unterlage einzudringen. Das Hypokotyl und die beiden Kotyledonen strecken sich rasch, wobei der Same bald im Boden stecken bleibt, bald über denselben emporgehoben wird (5). Welcher von beiden Fällen eintritt, das scheint davon abzuhängen, ob je nach der Lage des Samens im Boden die Kernwarze von der sich streckenden Wurzel durchwachsen oder zur Seite gedrängt wird; findet ersteres statt, so bildet die Kernwarze eine röhrige Scheide um die Basis der Wurzel und scheint zur Befestigung des Samens im Boden zu dienen, während im zweiten Falle die Samenschale in die Höhe gehoben wird und noch einige Zeit auf der Spitze der sich streckenden Kotyledonen sitzen bleibt (125). Wenn der Same bei der Keimung im Boden bleibt, so bildet die Basis der Kotyledonen mit dem Hypokotyl eine aufrechte, über die Bodenoberfläche emportretende Schleife, und die Kotyledonen werden allmählich aus der Samenschale herausgezogen, nachdem die im Endosperm abgelagerten Reservestoffe ausgesaugt worden sind. Die von Strasburger (7) geschilderte doppelte Durchbrechung der Samenhülle — durch die Wurzel nach unten und durch die Basis der Kotyledonen nach oben — kommt nach Stapf nur ausnahmsweise und zufällig vor. Im wesentlichen geht also die Keimung

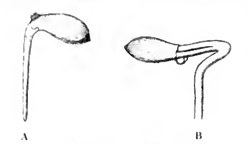


Fig. 177. *Ephedra helvetica*.
Keimende Samen nach Entfernung der Samenschale.
A das Keimwürzelchen ist aus dem von einer Nuzellushülle mit der Nuzellarwarze umgebenen Endosperm hervorgetreten. B Herausziehen der beiden Kotyledonen aus dem Endosperm. 5 : 1. (Orig. K.)

[1]) Jaccard, H., Catalogue de la flore valaisanne. Neue Denkschr. d. Schweiz. naturf. Ges. Bd. 34. (Basel, Genf, Lyon 1895.) S. 403.

ebenso vor sich, wie bei den Coniferen, und nach dem ersten Dikotyledonentypus von Klebs (101); wahrscheinlich besitzen die Keimlinge auch die Fähigkeit, bei Lichtabschluss zu ergrünen, da dies wenigstens für andere *Ephedra*-Arten (*E. campylopoda* und *E. altissima*) von Burgerstein[1]) beobachtet worden ist.

Nach dem Freiwerden von der Samenschale breiten sich die beiden Kotyledonen auseinander und fungieren als erste und zugleich einzige Assimilationsblätter, wobei sie noch wochenlang weiter wachsen. Sie sind von linealischer Gestalt, oberseits leicht rinnig, glatt, bläulichgrün, etwa 1 mm breit und können bis 40 mm und darüber lang werden. Sie besitzen 2 ungefähr in der Mitte verlaufende, einander genäherte Gefässbündel, deren Blattspuren die 4 das Hypokotyl durchziehenden Gefässbündel bilden. Mechanisches Gewebe zeigen die Kotyledonen nicht, ihr Assimilationsparenchym besteht aus anfänglich nahezu isodiametrischen Zellen, die sich später in die Länge strecken; die Epidermis führt ringsum Spaltöffnungen. Nach Entfaltung der Kotyledonen beginnt die bis dahin sehr kleine Stammknospe sich weiter zu entwickeln, und es strecken sich rasch die untersten

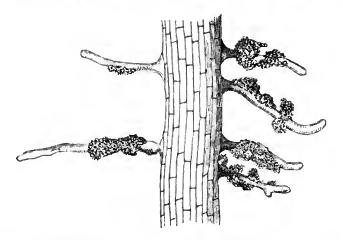


Fig. 178. *Ephedra distachya.* Wurzelstück mit Wurzelhaaren. 80 :/1. (Orig. K.)

Internodien des jungen Stengels, welcher von abwechselnden Blattpaaren besetzt ist, die schon vom untersten Paare an die später an der ganzen Pflanze auftretende Reduktion zu scheidig miteinander verwachsenen kleinen Schuppen aufweisen. Das unterste Internodium pflegt 9—13, das folgende 13—15, das dritte 18—22 mm lang zu werden. Schon in den Achseln der Kotyledonen werden Achselknospen angelegt, welche sich sogleich weiter entwickeln und fast ebenso stark werden, wie der Haupttrieb. Wenn dieser einige Zentimeter lang geworden ist und auch an ihm Achselknospen sich ausgebildet haben, so verwelken die Kotyledonen und fallen ab (125, 5, 7). Damit ist das Jugendstadium der Pflanze bereits beendet.

Die Keimwurzel, in welche der Hypokotyl übergeht, ist bis zum Abfallen der Kotyledonen ganz oder fast unverzweigt. Sie enthält ein diametraldiarch angelegtes Gefässbündel. Seitenwurzeln werden an ihrem obersten Ende, später auch aus dem Hypokotyl oder den untersten Stammknoten, wenn diese

[1]) Vergl. S. 57, Nr. 6.

mit Erde bedeckt werden, erzeugt. Die Wurzeln sind auf einer Strecke von nur 2—3 mm reichlich, sonst auch an älteren Partien streckenweise mit Wurzelhaaren besetzt, welche, da der Wurzel eine eigentliche Epidermis fehlt, durch Auswachsen von Zellen der Wurzelrinde gebildet werden. (Fig. 178.) Die Wurzelenden sind keulig angeschwollen und tragen eine $1^1/_2$—2 mm lange Wurzelhaube. Schon an einjährigen Wurzeln hat das sekundäre Dickenwachstum zur Bildung eines fast zylindrisch geschlossenen Holzstranges geführt, das Pericambium erzeugt eine Korkschicht, bei deren Ausbildung die primäre Rinde zum Absterben gebracht und abgeworfen wird; die inneren Pericambiumlagen vermehren sich bedeutend, füllen sich mit Stärke an und bilden eine sekundäre Rinde, die an älteren Wurzeln ebenfalls abstirbt. Die Hauptwurzel erhält sich sehr lange, wird aber später durch vielfach sich entwickelnde Adventivwurzeln im Wachstum überholt (5, 7). Eine Wurzelverpilzung wurde bei *Ephedra* nicht beobachtet, auch nicht von v. Tubeuf [1]), der ausdrücklich darnach suchte und üppige Haarbekleidung an den Wurzeln einer nicht näher bezeichneten Art fand.

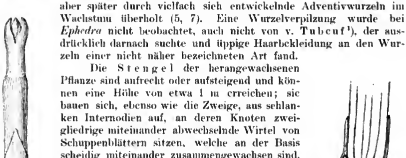


Fig. 179. *Ephedra helvetica.* Zweigspitze mit den Paaren von Schuppenblättern. 10 : 1. (Orig. K.)

Fig. 180. *Ephedra distachya.* Längsschnitt durch einen Stengelknoten, in den Achseln der beiden Schuppenblätter je eine Knospe. 10 : 1. (Orig. K.)

Die Stengel der herangewachsenen Pflanze sind aufrecht oder aufsteigend und können eine Höhe von etwa 1 m erreichen; sie bauen sich, ebenso wie die Zweige, aus schlanken Internodien auf, an deren Knoten zweigliedrige miteinander abwechselnde Wirtel von Schuppenblättern sitzen, welche an der Basis scheidig miteinander zusammengewachsen sind. (Fig. 179.) Das Wachstum des Hauptstammes ist begrenzt, und bald kann er von seinen Seitenverzweigungen nicht mehr unterschieden werden. An den obersten Knoten aller Haupt- und Seitenachsen werden entweder gar keine Knospen angelegt, oder sie kommen wenigstens nicht zur Entwicklung. Das unterste Internodium eines jeden Sprosses bleibt ganz verkürzt, aber seine Blattachseln erzeugen Knospen (Fig. 180); an den darauf folgenden Knoten wird dann die Verzweigung der Sprosse mehr und mehr eingeschränkt, bis sie endlich ganz unterbleibt. Durch die Häufung der Astwirtel an den untersten Internodien entstehen Scheinquirle, die nach oben zu ärmer werden, bis einfache Seitensprosse an ihre Stelle treten, und endlich die oberen Internodien einfach bleiben (5). Da das verkürzte unterste Internodium innerhalb der Blattscheide seiner Abstammungsachse verborgen bleibt, so kommt es, dass man bei besonders kräftigen Sprossen 3 Triebe aus der Achsel eines jeden Blattes sich entwickeln sieht (7). Adventivknospen scheinen nie gebildet zu werden, aber ein Teil der angelegten Achselknospen, und zwar an den Basalinternodien, verharrt längere oder kürzere Zeit in einem Ruhezustande; wenn sie dann austreiben, so bilden sich am Grunde der jungen Zweige neue Anlagen, welche auch wieder jahrelang schlafen können, und auf diese Weise sammelt sich an den älteren Knoten eine Schar von schlafenden Knospen, welche später scheinbar regellos austreiben; gewöhnlich erreichen diese Ausschläge ein Alter von 1—3 Jahren und fallen dann ab (5).

[1]) Vergl. S. 60, Nr. 79.

Die Sprosse von *Ephedra distachya* sind entweder oberirdische Assimilationssprosse, an denen auch die Blütenstände hervortreten, oder sie entwickeln sich als unterirdische Ausläufer. Die Assimilationssprosse sind schlanke, grüne Rutenzweige, an deren jüngsten 3—5 Internodien die Blattanlagen der Achse so voraneilen, dass sie über dem Stammscheitel eine Knospe bilden, die aber aus keinen andern, als den gewöhnlichen Schuppenblättern besteht. Erst in den tieferen Internodien beginnt die Streckung lebhafter zu werden; der Zuwachs geht anfangs hauptsächlich, später ausschliesslich von einer am Grunde des Internodiums gelegenen Meristemzone aus, welche leicht eingeschnürt, bleich gefärbt und von der sie umschliessenden Scheide geschützt ist. Eine schmale Basalzone dieses Meristemes kann sich nach Beendigung des Längenwachstums und nach einer Ruhepause zu einer Trennungsschicht umbilden, welche den Abfall von Zweigenden und damit einen Wechsel der Assimilationszweige vorbereitet. Dieser Zweigabwurf kann künstlich sowohl durch zu grosse Trockenheit, wie auch durch übermässige Feuchtigkeit des Bodens oder der Luft hervorgerufen werden. Die in zweigliederigen, abwechselnden Wirteln stehenden Blätter sind auf den Scheidenteil reduziert, ihre am Grunde verwachsenen, $1^1/_2$ mm langen Scheiden tragen je 2 in der Jugend krautige, zahnartig vorgezogene, kurz-dreieckige, stumpfe oder spitzliche Rückenteile, und sind zwischen diesen von zarthäutiger Beschaffenheit und weisslicher Farbe. Die krautigen Rückenstreifen werden allmählich trocken und hart, bleiben noch eine Zeit lang, während die Scheiden zwischen ihnen einreissen, in Form brauner Schuppen erhalten, bis sie endlich abbröckeln oder knapp über dem Grund abbrechen, der dann als dunkler, schmaler Wulst den Knoten umgibt (5). Die Funktion dieser Blattorgane besteht vorzugsweise im Schutz der meristematischen Internodienbasis und der dort befindlichen jungen Anlagen von Seitensprossen; für die Assimilationstätigkeit kommen sie kaum in Betracht, denn diese ist auf die jüngeren, noch grünen Achsenteile übergegangen, welche in grosser Reduktion der Oberfläche, kräftigem Bau des Hautgewebes, Einsenkung und Verstopfung der Spaltöffnungen einen ausgeprägt xerophytischen Bau erkennen lassen.

In den Zweigen (Fig. 181) liegt das Assimilationsgewebe unmittelbar unter der Epidermis, hier von Sklerenchymsträngen unterbrochen, welche sich an den Stellen befinden, die aussen an den Zweigen als zarte Längsrippen hervortreten. Das ganze Rindenparenchym ist reichlich mit Chlorophyllkörnern ausgestattet, es besteht aus 5—6 Zellschichten, von denen die drei äussersten palissadenartig verlängerte, die inneren mehr rundliche Zellformen zeigen. Die Epidermis setzt sich aus längsgestreckten, kräftig gebauten Zellen zusammen, deren Aussenwände stark verdickt und mit einer aus sehr feinen Körnchen bestehenden Wachsauflagerung versehen sind. Diese ist je nach den Standortsbedingungen von verschiedener Ausbildung: im Wallis gewachsene Exemplare von *E. helvetica* waren durch den Wachsüberzug merklich bläulichgrün gefärbt, die von ihnen bei der weiteren Kultur in Töpfen entwickelten Sprosse zeigten eine rein dunkelgrüne Farbe. In den über den Sklerenchymbündeln der Längsrippen liegenden Epidermisstreifen sind die Epidermiszellen im mittleren Teil ihrer Aussenwand mit gelblichen, warzenförmigen, in der Flächenansicht rundlichen oder etwas in die Länge gezogenen Buckeln versehen, welche nach aussen vorspringen, den Stengelkanten eine gewisse Rauhheit verleihen und von einer lokalen starken Verdickung der Zellwand herrühren. Ab und zu ist die Epidermis durch nachträgliche Teilung der einen oder andern Zelle zweischichtig. Die Spaltöffnungen liegen nur in denjenigen Epidermisstreifen, welche das Assimilationsgewebe überziehen, und zwar in mehreren unregelmässigen Längsreihen. Jede Spaltöffnung befindet sich am Grunde eines Grübchens, an dessen Bildung sich 4 Epidermiszellen beteiligen, und welches, ähnlich wie bei den Coniferen, eine die Ausscheidung von Wasser-

dampf verlangsamende Verstopfung mit Wachskörnchen zeigt.[1]) Die Schliesszellen besitzen nur gegen die äussere Atemhöhle eine wenig ausgeprägte Leiste, unter ihnen liegt eine kleine innere Atemhöhle (4. 5. K).

In der primären Gewebeanordnung enthält jedes Internodium 8 kollaterale, im Kreise angeordnete Gefässbündel; es sind Blattspuren, deren je 2 zu einem Blatt gehören und die durch je 2 Internodien verlaufen, worauf sie sich am Grunde des unteren Internodiums seitlich an die nächstjüngeren anlegen. Im 2. oder 3. Jahre bildet sich ein zusammenhängender Cambiumring aus, der nach innen Holz, nach aussen zwischen den Gefässbündeln zuerst Parenchym, später Weichbast erzeugt; im sekundären Holz sind deutliche Jahresringe erkennbar. Die Gefässbündelzone ist gegen das Rindengewebe durch eine aus langgestreckten, eng aneinander schliessenden Zellen bestehende Gefässbündelscheide abgegrenzt, die als Ableitungsgewebe für das Assimilationssystem dient. Im Innern des,

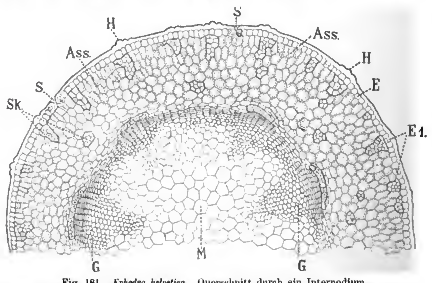


Fig. 181. *Ephedra helvetica.* Querschnitt durch ein Internodium.
E Epidermis, bei E1 zweischichtig, S Spaltöffnungen, H Cuticularhöcker, Sk Sklerenchymstränge, Ass Assimilationsgewebe, G Gefässbündel, M Mark. 68 : 1. (Orig. Dr. W. Lang.)

Holzes befindet sich ein aus zartwandigen Zellen bestehendes Mark, nur ausnahmsweise kommt eine erhebliche Verdickung der Zellwände bei den Markzellen vor (5). Oberhalb jedes Knotens erstreckt sich quer durch das Mark und häufig auch durch das Holz die aus 3—4 Zellschichten bestehende, früher erwähnte Trennungsschicht, welche beim Abbrechen der darüber liegenden Stengelteile die entstandene Wunde alsbald schliesst (2). Als Festigungsgewebe dienen ausser dem Holz die reichlich im Grundgewebe verteilten Sklerenchymfaserstränge. Die an der Epidermis anliegenden Stränge, etwa 20 an Zahl, sind schmale, ungefähr bis in die Mitte des Rindengewebes vorspringende Bänder, an der Aussenseite der 8 primären Bastteile liegen ebensoviele quer verbreiterte Hartbaststränge, und im ganzen Assimilationsgewebe zerstreut findet man noch zahlreiche einzelne oder zu wenigen in Gruppen vereinigte Sklerenchymfasern. Die letzteren können

[1]) Wulff, Th. in Österr. botan. Zeitschrift. Bd. 48. 1898. S. 201.

auch fehlen. Gelegentlich kommen noch an der Peripherie des Markes einzelne Sklerenchymfasern vor, der sekundäre Bast enthält keine mehr (2, 4, 5, K).

In den ersten Jahren ist das Dickenwachstum der Stengel so wenig ausgiebig, dass Rinde und Epidermis unversehrt erhalten bleiben. Im 3., seltener schon im 2. Jahre beginnt eine innere Peridermbildung, die von einer der innersten Rindenschichten ausgeht; sie tritt in der Regel nicht seitlich zusammenhängend im ganzen Umfange des Internodiums auf, sondern so, dass langgestreckte Partien der Rinde, zuerst meistens an der vom Lichte abgewendeten Seite des Stengels, in die Korkbildung eingehen und erst langsam sich zu einem vollständigeu Peridermmantel zusammenschliessen. Die ausserhalb des Peridermes liegenden Gewebe sterben ab, vertrocknen und zeigen wegen der in ihnen enthaltenen Sklerenchymstränge eine feiufaserige Beschaffenheit. Die späteren Peridermbildungen treten immer weiter innen auf, die Borke zeigt eine graue Farbe, bekommt Längsrisse und nimmt schliesslich eine grobnetzige Beschaffenheit an (4, 5). In der Rückenpartie der schuppenförmigen Blätter verlaufen 2 Gefässbündel, die über ihnen liegende Epidermis hat stark verdickte Zellwände und eine derbe Cuticula; im Grundgewebe finden sich an der Basis der Schuppen oberseits zerstreute Sklerenchymfaseru, die von der Rinde des Zweiges her eintreten, sich aber nach oben verliereu. Dagegen ist an der Innenseite unter der Epidermis ein sklerotischer Faserbelag vorhanden, der vornehmlich den Rückenteilen der Schuppen jene Festigkeit verleiht, deren sie zum Schutz der Achselknospen bedürfen (5).

Von besonderen Schutzmitteln der oberirdischen Sprosse gegen Tierfrass ist nichts bekannt, es müsste denn die starre, rauhe und saftlose Beschaffenheit derselben als ein solches angesehen werden; ob das in den Zweigen enthaltene Ephedrin, welches nach Nagai[1]) die Pupille erweitert und die Herztätigkeit verlangsamt, oder das Pseudoëphedrin[2]), eine Basis von der Formel $C_{10} H_{15} NO$, als Schutzmittel eine Rolle spielt, ist nicht bekannt. Verkieselt sind die Hautgewebe nicht, Harz wird in den Sprossen nicht gebildet.

Die Ausläufer sind unterirdisch wachsende Sprosse, welche der Ausbreitung der Pflanzenstöcke und ihrer vegetativen Vermehrung dienen. Sie entspringen an den Knoten der untersten, durch Wurzelzug oder Verschüttung unter die Erde gelangten Stammteile, und entwickeln jedes Jahr neue Triebe. Ihre Verzweigung folgt denselben Regeln, wie die der oberirdischen Stengel, bleibt aber so lange sehr spärlich, bis der Ausläufer mit seiner Spitze sich der Bodenoberfläche nähert; seiue alsdann in den Achseln der obersten Blattschuppen entwickelten Verzweigungen behalten, bis sie über den Boden kommen, den Charakter von Ausläufern, um dann fofort in die gewöhnlichen Photoblaste überzugehen. Die Ausläufer sind mit Adventivwurzeln ausgestattet, ihre Internodien blass gefärbt und mit in der Jugend weissen, fleischigen Schuppenblättern besetzt. Diese erfahren bald eine bis auf die innersten Schichten des Rindenparenchyms greifende Peridermbildung und nehmen dadurch das Aussehen dicker, weicher, hellbrauner Schuppen an, schliesslich brechen sie ab und verschwinden gänzlich. An den Achsenteilen der Ausläufer ist die Epidermis von zarterem Bau als an den oberirdischen Stengeln und höckerlos; sie wird frühzeitig durch einen weichen Peridermmantel ersetzt, der von einer der äusseren Rindenlagen ausgeht. Sklerenchymstränge sind unmittelbar unter der Epidermis nicht vorhanden; das Rindenparenchym dient als Speichergewebe und in seinen inneren Lagen als Leitgewebe. Auch das Markparenchym enthält Stärke (5).

Die Pflanze ist zweihäusig, und meistens wachsen die beiden Ge-

[1]) Nach bot. Jahresber. Bd. 22, Abt. 1. 1894. S. 402.
[2]) Nach bot. Jahresber. Bd. 17. Abt. 2. 1889. S. 371.

schlechter in annähernd gleicher Individuenzahl gemischt unter einander, doch hat man (in Frankreich) die Beobachtung gemacht, dass an einzelnen Örtlichkeiten ausschliesslich männliche oder weibliche Pflanzen vorkommen. Beiderlei Individuen sind im Habitus dadurch ein wenig von einander verschieden, dass die männlichen Pflanzen etwas zarter und schmächtiger gebaut sind als die weiblichen (1). Im Frühjahr, bei *E. helvetica* im Wallis in den ersten Tagen des April, erscheinen die Blütenknospen, welche die Stelle von vegetativen Achselknospen einnehmen, und im Mai sind die Knospen entwickelt. Die Blüten tragenden Zweige stehen, wie die vegetativen, in zwei gegenständigen Reihen, krümmen sich aber nach Vaucher (187) dem Lichte zu.

Die männlichen Blüten (Fig. 182) entstehen an diesjährigen, vorjährigen und älteren Zweigen und Ästen mit Ausnahme der obersten Internodien junger Zweige; sie bilden ährenförmige Blütenstände, welche einzeln oder zu mehreren geknäult beisammen stehen oder sitzen. Der Blütenspross erzeugt 2 Paare steriler Schuppenblätter, dann in der Achsel des dritten und der folgenden Paare die Blüten; nach Hervorbringung von 3—4 Paaren fertiler Blätter hört die Achse auf, sich zu verlängern und endigt mit einer Anschwellung, an der man noch die Spuren von 2—3 Paaren rudimentärer Blätter unterscheiden kann. Die Hochblätter der Blütenstände unterscheiden sich von den Schuppenblättern der vegetativen Zweige durch fast vollständige Unterdrückung der mechanischen Elemente, sowie durch eine noch weitergehende Beschränkung des Assimilations-, Leitungs- und Durchlüftungssystems. Jede Blüte besitzt eine Blütenhülle, welche in Form von 2 getrennten, median orientierten Wülsten angelegt wird, durch seitliche Verschmelzung derselben aber zu einer schlauchförmigen Kapuze mit zweilappigem Saume wird. Sie schützt die in ihr eingeschlossenen Staubblätter und öffnet sich erst, um diese hervortreten zu lassen, wenn sie geschlechtsreif sind. Im Innern der Blütenhülle finden sich 7—8, zuweilen auch weniger Antheren auf einem in der Knospe ganz kurzen Antherenträger, der entweder als Blütenachse oder als Filament gedeutet wird: er streckt sich erst beim Öffnen der Blüte und trägt dann die orangegelben, 2 fächerigen, selten 3 fächerigen Antheren an seinem oberen, in 4—8 kurze Zweige geteilten Ende. Die Ähre ist von einer eiförmigen oder länglichen Gestalt, 6—10 mm lang, und enthält 8 bis 16 Blüten (6, 5, 3). An den strohgelb gefärbten Blüten öffnen sich die Antherenfächer mit Querrissen und bedecken sich ringsum mit gelbem, nicht als trockener Staub ausfallendem, sondern in krümmeligen Massen an den Antheren haftendem Pollen. Die Pollenkörner (Fig. 183) haben im trockenen Zustand eine elliptische Gestalt und zeigen 4 tiefe Längseinfaltungen, sodass sie vom Scheitel betrachtet wie ein vierarmiges Kreuz aussehen.[1]) Die Exine zeigt zarte, hin und her gebogene Runzeln, welche auf dem Rücken der Membranausstülpungen der Länge nach verlaufen und auf beiden Seiten zahlreiche gebogene Seitenästchen entsenden; nach Stapf (5) ist die Exine an den Polen gleichmässig verdünnt. Ins Wasser gebracht, quellen die Pollenkörner rasch auf, wobei die 4 Längsfalten sich heraus-



Fig. 182.
Ephedra distachya.
Männlicher Blütenstand.
5 : 1. (Orig. K.)

[1]) Die Anzahl dieser Falten scheint nicht konstant zu sein, da Mohl (181) das Vorhandensein von 6 solchen angibt.

stülpen; infolge der starken Quellung der Intine wird, wie dies auch bei *Taxus* (vgl. S. 75) der Fall ist, die Exine zerrissen und abgeworfen (K.).

Die weiblichen Blütensprosse (Fig. 184) zeigen einen ähnlichen Bau, wie die männlichen, aber eine spärlichere Verzweigung; die einfachen Blütenstände, Zäpfchen genannt, sind hier keine Ähren, sondern bestehen aus 1—3, meist 2 terminalen Blüten, die von 3, seltener 4 dicht aneinander gerückten Deckblattpaaren umschlossen werden. Die Blütensprosse sind von Grund aus verzweigt, die sekundären Sprosse von der Form des primären, alle von verlängert eiförmiger Gestalt; daher stehen die Zäpfchen in lockeren Büscheln beisammen auf Stielen, welche aus längeren Internodien gebildet sind. Die obersten, die Blüten umgebenden Blätter sind grösser als die vegetativen, sonst aber ebenso gebaut und an der Basis ebenfalls miteinander verschmolzen; das oberste Paar trägt die beiden Blüten in den Achseln. Die einzelnen Teile der weiblichen Blüte haben sehr verschiedene Deutung erfahren. Sie besteht aus einer äusseren Hülle (äusseres Integument oder zu einer Blütenhülle verwachsenes Hochblattpaar), welche als Fruchtknoten funktioniert und von schmal eiförmiger Gestalt, an den Berührungsflächen der beiden Blüten abgeplattet ist. Sie hat eine derbe Beschaffenheit und umschliesst bis auf einen kleinen engen Kanal an der Spitze eine zweite innere zarthäutige Hülle (inneres bezw. einziges Integument), diese wiederum den Nuzellus, mit dem sie im unteren Teil verwachsen ist. Am oberen Ende ist die innere Hülle in einen bis $1^1/_2$ mm langen Mikro-

A B C

Fig. 183. *Ephedra helvetica.* Pollenkörner.
A trocken, B in Wasser aufgequollen; C nach längerer Einwirkung von Wasser ist die Exine aufgerissen, die Intine hervorgetreten. 575 : 1. (Orig. K.)



Fig. 184.
Ephedra helvetica.
Weiblicher Blütenspross. 5 : 1. (Orig. K.)

pylenhals ausgezogen, welcher aus der oberen Öffnung der äusseren Hülle und zwischen den obersten Hochblättern hervorragt, an seinem Saume in einen schmalen gedrehten Lappen ausgeht, und bei der Hauptart gerade gestreckt, bei *E. helvetica* korkzieherförmig gewunden ist. Diese Windung dürfte in letzter Linie auf mechanische Ursachen, vielleicht auf eine Bedeckung der Samenlagen durch die innersten Blätter zur Zeit der Streckung des Mikropylenhalses, zurückzuführen sein (5). Zu der Zeit, wo die Antheren stäuben, sondert der Mikropylenhals an seiner Spitze einen farblosen Flüssigkeitstropfen, den Bestäubungstropfen, aus, welcher ohne Zweifel zum Festhalten des darauf gelangten Pollens dient. Er verdunstet allmählich und dadurch werden die Pollenkörner in das Innere der Mikropyle hereingezogen, wo an der Nuzellus-Spitze sich inzwischen eine bis auf den Embryosack reichende Höhlung ausgebildet hat (6). Sehr wahrscheinlich entledigt sich das Pollenkorn dort schnell seiner Exine, denn Jaccard

(3) traf in der Nuzellushöhlung nur selten solche Pollenkörner an, die noch mit der Exine versehen waren.[1])

Fast allgemein wird angegeben, dass die Blüten von *Ephedra* anemogam seien, und die Analogieen im Blütenbau mit dem von *Taxus* legen diese Annahme nahe, aber durch direkte Beobachtung ist sie noch nicht bewiesen, und die Beschaffenheit des Pollens spricht nicht gerade für Windblütigkeit. Auch Jaccard (3), der bei *E. helvetica* den Bestäubungstropfen nur sehr ausnahmsweise beobachten konnte, obgleich er besonders darauf achtete, meint, dass der Wind bei der Bestäubung die Hauptrolle spiele und erklärt die Mitwirkung von Insekten, die er durch zuckerhaltige, aus der Spitze der Hochblätter hervortretende Tröpfchen zum Besuch der Blüten veranlasst sieht, für ganz zufällig. Indessen hat bereits Cornu (zitiert in 1) auf die Möglichkeit einer Insektenbestäubung hingewiesen. Wo beide Geschlechter in nächster Nachbarschaft mit einander wachsen, muss die Bestäubung leicht vor sich gehen, denn es werden unter solchen Umständen reichlich Samen gebildet; die Angabe von Bonnet (1), dass bei Villeneuve-les-Avignon nur weibliche Pflanzen vorhanden seien, die nichts destoweniger keimfähige Samen lieferten, wird sich wohl durch das Vorkommen übersehener männlicher Pflanzen oder vielleicht auch durch das Auftreten vereinzelter männlicher Blüten an sonst weiblichen Pflanzen erklären.

Fig. 185. *Ephedra helvetica.* Zwei unreife Samen eines weiblichen Blütensprosses. 5 : 1. (Orig. K.)

Nach der Befruchtung wächst die Samenlage bedeutend und nach allen Richtungen gleichmässig heran (Fig. 185), zugleich wird die äussere Hülle fester, endlich zäh lederig und färbt sich schwarzbraun. Der Same ist schliesslich eiförmig mit stumpf-dreikantigem Querschnitt, $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ mm lang; der Mikropylenhals bleibt bis zur Reife stehen und wird dann erst verschlossen. Die ursprünglich an den Zäpfchen unterhalb der weiblichen Blüten stehenden Schuppenblätter nehmen infolge der Ausbildung eines kollenchymatischen Parenchymes in ihren krautigen Rückenteilen eine knorpelige Beschaffenheit an; ihnen fällt der Schutz der unreifen Samen und ferner die Rolle eines Speichergewebes zu, insofern sich in ihnen Zucker und Schleim bildende Stoffe ansammeln. Ihre Grösse nimmt von oben nach unten zu, bis zur Samenreife wachsen sie weiter und bei den 3 obersten Paaren verwandelt sich die knorpelige Beschaffenheit sehr schnell an den bereits reifen Samen in eine fleischige, wobei sie zugleich eine scharlachrote Farbe annehmen und die beiden Samen so umschliessen, dass nur deren Spitzen oben herausragen (Fig. 186). Das oberste Schuppenpaar erfährt die beträchtlichste Vergrösserung und hat den bedeutendsten Anteil an der Ausbildung

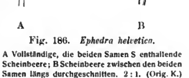


Fig. 186. *Ephedra helvetica.*
A Vollständige, die beiden Samen S enthaltende Scheinbeere; B Scheinbeere zwischen den beiden Samen längs durchgeschnitten. 2 : 1. (Orig. K.)

[1]) Danach kann die Abbildung bei Kerner (96, Bd. 2, S. 374) kaum nach der Natur entworfen sein.

der die 2 Samen enthaltenden, ziemlich kugeligen, 6—7 mm langen Scheinbeere. Bei dieser Umwandlung der Deckschuppen in fleischige Gebilde, welche unter bedeutender Wasseraufnahme durch teilweise Verflüssigung und chemische Umbildung der Zellhautsubstanz, radiale Streckung der Mittellamellen und Zerfall der Chlorophyllkörner in rote Körnchen vor sich geht, tritt der häutige Rand der Schuppen immer mehr zurück, die Dickenzunahme erreicht über dem Blattrücken ihren höchsten Betrag, über den Kommissuren ihr Minimum; deshalb erscheinen die Scheinbeeren über diesen eingeschnürt. Sie trennen sie zum Zweck der Aussäung von den unteren, häutig gebliebenen und zurückgebogenen Schuppen (5, 6).

Die an die *Taxus*-Samen erinnernden, im August bis Oktober reifenden Scheinbeeren sind nach Delpinos Angabe[1]) essbar und werden von Drosseln verbreitet. Am Samen ist das innere Integument zusammengetrocknet, das ölhaltige Nährgewebe umschliesst einen axil gelagerten Embryo, der Rest des Nuzellusgewebes bildet eine zarte Hülle um das Endosperm und einen verschrumpften warzenartigen Aufsatz auf demselben. Der Embryo nimmt die ganze Länge des Samenkernes ein, stellt einen walzenförmigen Körper dar, welcher mit seinem kurzen, kräftigen, von einer dicken Haube überzogenen Würzelchen bis unmittelbar an die Nuzelluswarze reicht, und am entgegengesetzten Ende 2 eng aneinander liegende Kotyledonen besitzt, welche $^2/_3$ der Masse des ganzen Embryo bilden und zwischen sich das kleine Knöspchen umschliessen. (3, 5).

17. Ephedra maior Host.

Diese der *E. distachya* nahe verwandte und sehr ähnliche Art ist durch das ganze mediterrane Florenreich von den kanarischen Inseln bis Afganistan und darüber hinaus im Himalaya bis Lahul verbreitet (5). Sie berührt unser Gebiet nur in der var. *Villarsii* Stapf mit einem Standort auf der Quarnero-Insel Lussin.

Der Strauch ist aufrecht, sehr buschig und wird 1—2 m hoch; die zahlreichen Zweige sind bei der genannten Varietät rauh, an den Gliederungen oft knotig verdickt. In ökologischer Hinsicht bemerkenswert ist, dass die Abgliederung von Zweigen und der Zweigabwurf ganz regelmässig und ziemlich vollständig beim Beginn des Winters erfolgt.

Die männlichen Blütensprosse unterscheiden sich von denen der *E. distachya* durch ihre mehr kugelige Gestalt und Armblütigkeit. Sie sind einfach oder selten am Grunde mit 1—2 schwachen Zweigen versehen, stellen also einzelne oder zu 2—3 beisammen stehende Ähren von 4—5 mm Durchmesser dar. Alle Internodien derselben sind sehr verkürzt, daher die Ähren auch sitzend, jede enthält nur 2—4 Blüten, und in diesen sind die Antherenträger so kurz, dass sie kaum aus der Blütenhülle herausragen. Sie zeigen 6—8 sitzende, selten sehr kurz gestielte Antheren. Die weiblichen Blüten stehen einzeln am Ende eines mit meistens nur 2, sehr selten 3 Hochblattpaaren besetzten Sprosses, und diese Blütensprosse, welche einen bis zu 3 mm langen Stiel haben, sind von eiförmiger Gestalt, einzeln oder zu 2—3 beisammen stehend. Der Mikropylenhals der Samenanlage kann bis zu $3^1/_2$ mm Länge erreichen. Die halbreife Scheinbeere ist breit, von einer fast kugeligen Gestalt, im reifen Zustand kugelig, 5—7 mm lang; die beiden obersten, rot und fleischig gewordenen Schuppenpaare umschliessen den eiförmigen, 4—7 mm langen, kastanienbraunen Samen. Nach der Beobachtung von Bonnet (1) sind an manchen Standorten (in Südfrankreich) die männlichen Pflanzen in so grosser Überzahl vorhanden, dass auf etwa 100 männliche erst eine weibliche kommt.

[1]) Note ed osservazioni botaniche. Decuria seconda. Genova 1890. p. 8.





